

# 重力式コンクリートダム監査廊内におけるボーリング作業の留意点

川崎地質株式会社 ○田村 慶, 山地 孝昌

## 1. はじめに

近年、既設のダムを有効に活用し、治水や利水の機能を強化する「ダム再生事業」が全国的に進められている。

当該ダムにおいても、再生事業の一環として、堤体の嵩上げが計画されており、その基礎資料として、基盤地盤の性状を把握するため、監査廊内にてボーリング調査を実施した。

監査廊内におけるボーリング作業は、屋外に比べて特殊な環境条件下で行われるため、換気の確保、狭隘な通路での資機材の搬入・設置、掘削水および濁水の排水処理、使用可能な機材の制限など、さまざまな作業上の制約条件が存在する。

本発表では、これらの制約条件下における現地作業場の留意点、特に安全確保と作業効率およびリスクの観点から重要となるポイントについて報告する。

## 2. 現場状況

当該ダムの監査廊は左右岸に出入口が設けられ、中央部に向かって階段で降下し、最深部で平坦となる構造である(図-1)。

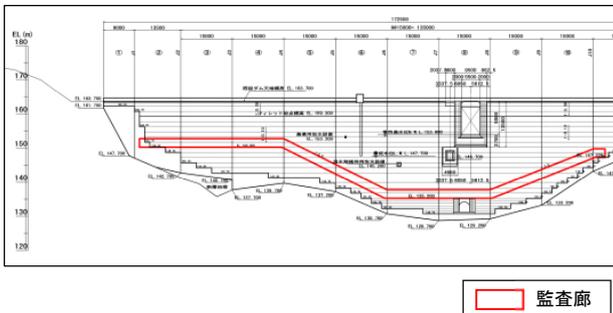


図-1 ダム堤体監査廊内断面図

通路の幅は約2m、高さは約2.5mで、内部には計測機器や電源ケーブル等の設備が設置されていた。また、基礎排水孔や揚圧力測定孔からの漏水量を測定するための排水溝も設けられていた。(写真-1、写真-4)

## 3. 現地作業の問題点

### (1) ボーリング資機材の運搬について

監査廊内は通路が狭く、特に出入口から中央部に至る階段部分は勾配が急で、各所に計測設備が設置されている。このため、ボーリングマシンや試験機材等の重量物を運搬する際の災害防止と設備保護への対策が不可欠であった。

### (2) 換気の問題

ボーリングマシンの動力源には電気モーターを採用したが、資機材の搬入には通常のガソリンエンジンを動力とするモノレールを使用した。監査廊のような密閉空間では、一酸化炭素が滞留しやすく、中毒の危険性が高くなる。そのため、十分な換気対策を講じる必要がある。

### (3) 資機材の選定について

監査廊の高さが約2.5mと限られており、空間に制約があることから、ボーリングマシンのサイズやロッドの長さなど、資機材の選定に工夫が必要であった。

監査廊の内部は高さが約2.5mと限られており、空間に制約があることから、ボーリングマシンのサイズやロッドの長さなど、資機材の選定に配慮が求められる。

### (4) ボーリング掘削水の排水管理

堤体の安定性確認のため、基礎排水孔を通じて漏水する水の量の測定が行われている。水路にボーリング掘削水が流入すると、正確な漏水量測定が行えなくなる。

### (5) 配筋位置の把握

堤体コンクリートの配筋を損傷しないように事前の配筋位置の把握と、それに基づいた穿孔位置の調整が求められた。

## 4. 課題への対応策

### (1) 資機材の搬入計画

資機材の搬入搬出には、作業の効率性と安全性を確保するため、モノレールを採用した。搬入経路に沿いの既設機器の位置を事前調査し、必要箇所には保護材による養生を行った。



写真-1 既設の計測機器養生状況

(2) 換気

一酸化炭素中毒の対策として送風機を複数設置して外気を取り込み、監査廊内の空気を強制的に循環させた。あわせて複合ガス検知器を用いて酸素濃度や一酸化炭素濃度を常時監視し、基準値超過時には即時退避する体制を構築した。

(3) 資機材の選定

監査廊内の限られた作業空間に対応するため、短尺ロッド (0.5m および1.0m) を特注で製作した。また、電動モーター駆動のボーリングマシンを使用し、発電機は監査廊外に設置した。



写真-2 監査廊内で使用したロッド



写真-3 電動モーター駆動のボーリングマシン

(4) 掘削水の処理

基礎排水孔からの排水への掘削水流入防止のため、掘削水を貯留槽に集水し、その後、水中ポンプにより上澄みを排水ピットへ直接送水する処理過程を構築した。これにより、漏水量測定への影響を最小限に抑えることができた。



写真-4 排水設備

(5) 鉄筋挿入工位置の事前把握

設計図面により配筋図を確認するとともに、鉄筋探査レーダーにより鉄筋の位置を把握した。これに基づき、鉄筋を避けたボーリング位置を設定し、鉄筋の損傷リスクを回避した。

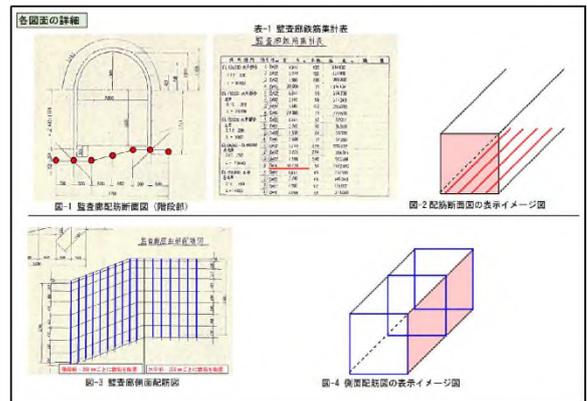


図-2 監査廊の配筋図



写真-5 鉄筋レーダー測定器

項目	性能
方式	電磁誘導方式
探査対象物	鉄筋、埋設管、空洞など
かぶり厚さ	5~300mm (コンクリートの比誘電率6.5、鉄筋径6mm以上で上層筋の場合)
かぶり分解能	浅モード:約1mm、深モード:約2mm
水平方向分解能	深さ75mm未満にある探査対象物:75mm以上 深さ75mm以上にある探査対象物:深さ以上の距離 ※特殊コンクリートでの実測値 [深さ75mm時及び175mm時に鉄筋間隔40mmの鉄筋を判別可能]
水平方向分解能	2.5mm
最大探査深さ	15m
表示モード	Bモード(断面側面図)、BAモード(断面側面図、反対称形表示)
探査時	リアルタイム自動画像表示、リアルタイムマニュアル減算処理、リアルタイムユーザー表面波処理
画像処理	非探査時:固定表面波処理、ユーザー表面波処理、減算処理、マニュアル表面波処理、平均波処理、ピーク処理、感度再生処理
ディスプレイ	TFTカラー液晶(640×480ドット)
深度校正	2.0~20.0 0.1ステップ
最大走行速度	約40cm/s 速度超過ブザーあり

5. おわりに

監査廊内といった特殊な作業環境下においても、事前準備と現場対応の工夫により安全かつ効率的なボーリング作業を行うことができた。

今後さらに増加が見込まれるダム再生事業において、本調査の取り組みが少しでも参考になれば幸いである。

## 標準貫入試験時の騒音低減装置の適用事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○萩村 俊司, 金丸 功希, 打木 弘一

### 1. はじめに

土木・建築で実施される標準貫入試験 JISA1219(以下 SPT)は、地盤の工学的性質の把握、試料採取に必要な原位置試験である。一方、閑静な住宅街、静音が求められる教育施設、保全する動物が生息する自然公園等の近傍では、標準貫入試験時のハンマーの打撃による高い周波数の騒音(金属音)の発生が課題となっている。従来は、作業範囲を防音シート、パネル等により囲い SPT の騒音対策としていたが、打撃音の発生源の騒音対策として減音ボックスを開発した。減音ボックスは、遮音板だけでなく吸音板、防振ゴム、及び吸音効果の高い樹脂製ナノファイバー等を使って複合的な減音構造となっている。今回は、あるボーリング現場における減音ボックス(Kiso-減音ボックス)の適用事例を報告する。



図-1 減音ボックス資機材一式

### 2. 騒音低減方法

SPT における減音ボックスは、図-1に示すような減音ボックスと防振ロッド等から構成される。減音ボックスは、図-2に示すように内側から発泡ウレタン波吸音材、アルミニウム粉末焼結した多孔質吸音板、樹脂ナノファイバー吸音材、防振ゴム及びアルミニウム遮音板で構成される。減音ボックス内で発生したハンマーとアンビルとの打撃音は、減音ボックス内で透過・反射を繰り返す過程で、様々な吸音・遮音材等により相乗的な減音効果により減音させる。防振ロッド等は、中空のロッド内部に珪砂等を充填、密封したもので、アンビル等から伝搬した金属音を振動吸収している。また、アンビルの側面は、熱収縮チューブゴムで覆い、アンビルの振動を低減し、金属音等を減温させる。このほか、減音ボックスを載せるスチール製円盤台の軽量化を図るためにくりぬい

た円空部には軽量のアルミ吸音板でふさがり音漏れを低減している。

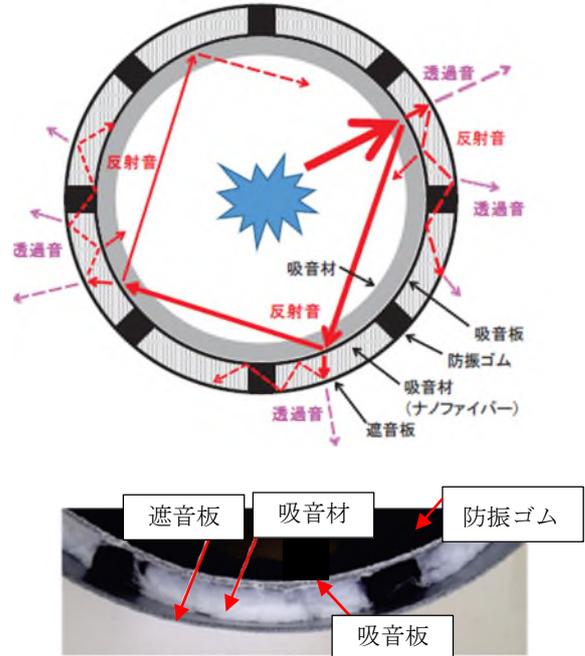


図-2 騒音低減装置の減音機構

### 3. 装置設置方法

減音ボックス等の設置は、防振ロッド、減音ボックス取付け円台座、防振アンビル等の順番につなぎ、減音ボックスを円盤台座に載せ、ゴムロープで固定し、防振アンビルと防振ガイドロッドを取り付ける。次に、ハンマー及び半自動式落下装置等を取り付けると図-3に示す構造となる。ハンマー及びアンビル上面には、細工しておらず、打撃力は変わらないため、SPT の JIS 規格に準拠する。取付け状況を図-4に示す。

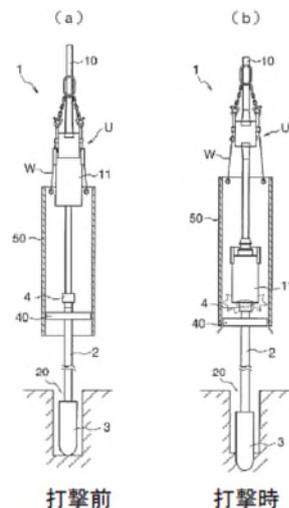


図-3 設置方法等の模式図<sup>1)</sup>



図-4 減音ボックスの取付け状況

#### 4. 効果確認及び試験方法

騒音の測定は、デジタル騒音計を用いて実施した。測定ケースは、以下のケース1～ケース3とした。デジタル騒音計は、ボーリング地点から約5m の位置に設置した場合とボーリング地点から約30m の位置に設置した場合において、計測、比較を行った。なお、ケース2、3の測定時刻は異なっているが、それぞれの測定開始時刻を0秒として統一し、測定開始時刻からのデータの比較を行った。

ケース1: 静穏時

ケース2: SPT 実施時 (減音ボックス無し)

ケース3: SPT 実施時 (減音ボックス有り)

#### 5. 結果

ケース1～ケース3の結果図を図-7～図-10に示す。

図-7は、静穏時の騒音レベル測定データである。静穏時は、概ね40～50dB であり、車両が通過すると一時的に60dB まで上昇する。図-8は、離隔距離5m の場合の騒音レベル測定データである。減音ボックス無しのデータ(図青色線)では、概ね102dB であるが、減音ボックス有のデータは、概ね83dB となっている。そのため、概ね19%の騒音レベルの低減が確認された。図-9は、離隔距離30m の場合の騒音レベル測定データである。減音ボックス無しのデータでは、概ね83dB であるが、減音ボックス有のデータは、概ね74dB となっている。そのため、概ね11%の騒音レベルの低減が確認された。図-10は、離隔距離と騒音レベルの関係を示した図である。この結果図によると、減音ボックスにより全体的に騒音レベルの低減が確認できた。

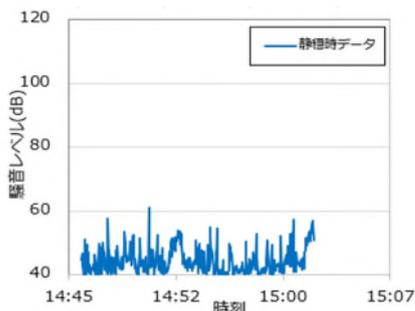


図-7 ケース1\_静穏時のデータ

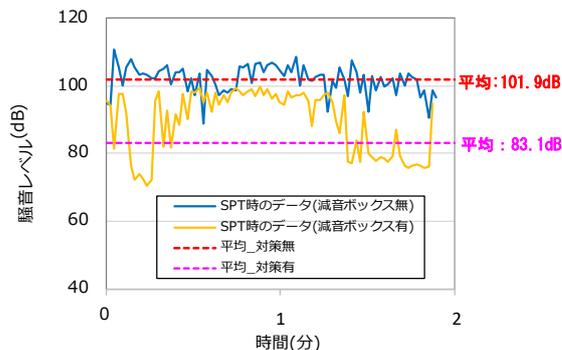


図-8 SPT 実施時のデータ(離隔距離5m)

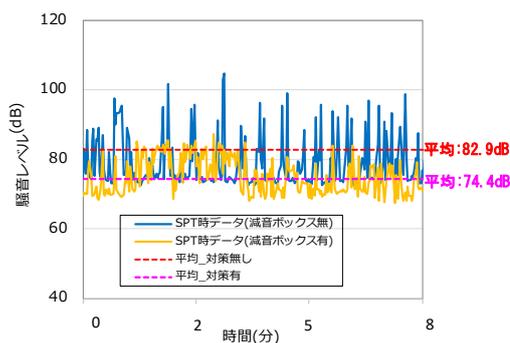


図-9 SPT 実施時のデータ(離隔距離30m)

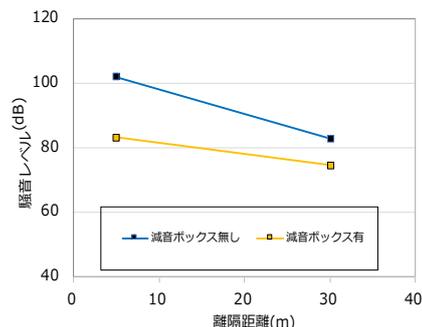


図-10 離隔距離と騒音レベルの関係

#### 6. まとめ

あるボーリング現場において、自社開発の騒音低減装置を適用した。ボーリング箇所から、家屋までは概ね30m で近接しており、標準貫入試験時に発生する打撃音を低減する必要があった。そのため、騒音低減装置を用いて打撃音の低減を図った。騒音レベルを定量的に評価するため、騒音計により、騒音低減装置あり・なしのデータを比較した結果、概ね11～19%の騒音レベルの低減が確認された。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 日本国特許庁 (2010) : 標準貫入試験消音装置, 公開特許公報(A), 特開2010-024717.

## A市における既設観測井の除去事例

東北ボーリング株式会社 ○三上 諒, 永瀬 望

### 1. はじめに

A市において計画されている工事に伴い、既設観測井（仕様：塩ビ管 VP50、深度 38.0m）が支障となることから、観測井を除去することとなった。

除去の方法として、ボーリングマシンを用いて塩ビ管の外周を被せ掘りし、その後、塩ビ管を引き上げる計画であった。しかし、予定深度まで掘削する前に塩ビ管が破断した。このため、地中に残存した塩ビ管を引き上げるための対応策として、引抜き錨を装着したボーリングロッドを塩ビ管の底部付近まで挿入して引き上げを試みた。

本稿では既設観測井の除去事例について紹介する。

### 2. 施工概要

#### (1) 施工地の概要

施工地は河川沿いに発達する沖積低地にあり、施工地を含む周辺は海岸平野や湾口砂州、人工地形（盛土・埋立土）が分布している。施工地はこれらのうち河川沿いに造成された埋立地に位置する。

施工地周辺の表層地質は、地質資料によれば人工の地形改変地を含めた広範囲に礫・砂・泥といった未固結堆積物が分布する。

深度30m～50m 付近まで第四紀 完新世の沖積層（泥・砂）、以深は、深度100m 付近まで第四紀 更新世の洪積層（砂・礫）により構成されている。

#### (2) 既設観測井の概要

既設観測井の構造と土質の概略図を図-1に示す。

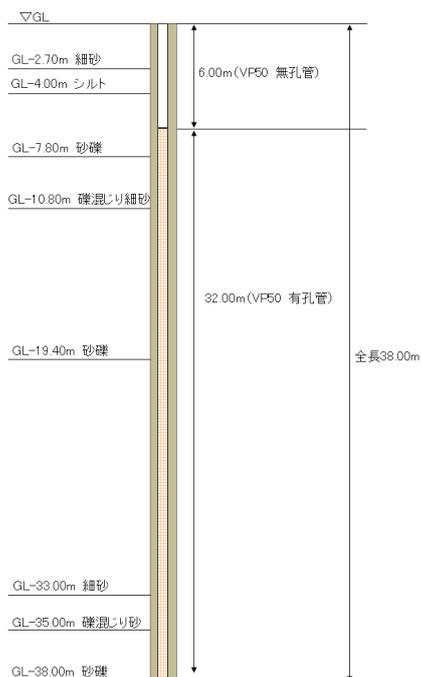


図-1 既設観測井構造図

既設観測井は図-1に示したとおり、VP50の無孔管と有孔管で構成されていた。全長38.0mであり、深度6.0mまでが無孔管（延長6.0m）、以深の深度38.0m（延長32.0m）までは有孔管によって構成されていた。

#### (3) 既設観測井の除去方法

ボーリングマシンを用いて塩ビ管の外周を深度 38.0mまで被せ掘りをし、塩ビ管の周囲の地盤を緩めたあと、塩ビ管の引き上げ作業を試みる計画であったが、深度 4.45m まで掘削した時点で塩ビ管が破断した。

原因は不明であるが、塩ビ管が破断した深度付近から樹木の根が回収されたことから、掘削時、根っこが塩ビ管に絡まり破断したものと想定した。

破断した塩ビ管を写真-1、写真-2に示す。



破断した塩ビ管の全長  
(L=4.45m)

破断箇所の状況

写真-1 破断した塩ビ管

写真-2 破断した塩ビ管先端

### 3. 地中に残存した既存観測井の除去方法(対応策)

#### (1) 対応策として使用した資材

地中に残存した塩ビ管を引き上げるため、ボーリングロッドの先端に引抜き錨を装着し、塩ビ管に錨をくさびのように噛ませる方法で回収することとした。

ボーリングロッドの先端に装着した引抜き錨を写真-3に示す。



引抜き錨

ボーリングロッド

写真-3 引抜き錨装着状況

## (2) 井戸材引抜きの方法

ボーリングロッドの先端に引抜き錨を装着したのち、地中に残存した塩ビ管の底部付近まで挿入し、塩ビ管と引抜き錨の間に間詰め砂利を投入する。

その後、ボーリングロッドを引き上げる際に生じる摩擦力を利用し、塩ビ管を引き上げる方法である。

引抜き錨の使用方法的概要を図-2に示し、引抜き錨先端の間詰め砂利の状況を写真-4に示す。

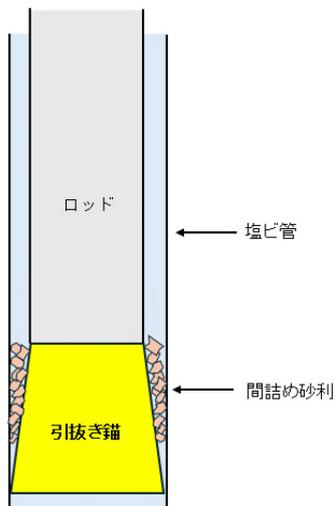


図-2 引抜き錨の使用方法的概要



写真-4 引抜き錨先端の間詰め砂利

## (3) 塩ビ管引き上げ時の工夫点

上記の方法で塩ビ管の引き上げを試みたが、塩ビ管を引き抜くことが出来なかった。

塩ビ管を引き抜くことが出来なかった要因として、図-1に示した既設観測井構造図の土質状況より、深度 4.0m～19.4m 間に分布する砂礫層（一部、礫混じり細砂を含む）の土圧が大きかったため、塩ビ管を引き抜くことが出来ないものと推測された。

このことから、塩ビ管を引き上げる際に生じる土圧を低減することを目的として、深度 20.5m まで塩ビ管の外周を掘削してケーシングを挿入した状態で、再度、塩ビ管の引き上げを試みることにした。

その結果、地中に残存した残りの塩ビ管を全て引き上げることが出来た。

地中に残存した塩ビ管の引き上げ時の状況を写真-5に示す。



写真-5 残存した塩ビ管の引き上げ状況

## (4) 塩ビ管引き上げ完了

写真-6に示すように、引き上げた塩ビ管の全長を計測し、塩ビ管が完全に引き上げられていることを確認した。

その後、深度 20.5m まで挿入していたケーシングを少しずつ引き上げながら、充填砂利を投入し、表層部は発生土（砂）により閉塞を行い、既設観測井の除去を完了とした。



写真-6 塩ビ管の検尺

## 4. まとめ

塩ビ管が掘削途中の段階で破断したことで、作業工程は当初想定よりも長い日数を要してしまいましたが、地中に塩ビ管を残存させてしまったところから、全ての塩ビ管を引き上げることができ、発注者の要望に応えることができた。

今後の課題としては、観測井の除去作業を行う際は、予め引抜き錨を使用する除去方法を検討するとともに、観測井設置時の柱状図等の既往資料を入手し、土質状況に応じて塩ビ管の外周をどの程度の深度まで掘削すれば良いかなど、事前に検討したうえで除去作業に望むことが重要であると考えます。

# 鳥取砂丘における小口径での観測井仕上げ

ハイテック株式会社 ○谷口 拓海, NGUYEN VAN HUONG, 奥田 文夫, 岩田 克彦

## 1. はじめに

地下水観測井は、地下水位の観測、揚水、水質のモニタリング等を目的として地表から孔を掘削し、保孔管を挿入した設備である。観測井にて正確な地下水位の情報を得るには設置時に孔内洗浄を十分にを行い、孔内水をきれいにすることが重要である。また地質は、掘削時に泥水と一緒に排出される掘削屑から推定するのが一般的である。

本報告では、現場条件の制約等から、コア採取を行い小口径で観測井仕上げをした事例について報告する。

## 2. 調査概要および調査地の地形・地質概要

### (1) 調査概要

一般に深度 100m 程度の観測井を設置する場合、ノンコア掘削で掘削孔径が 200mm 以上、保孔管の口径が 100mm 以上のものが使用される。しかし、本調査では、径 66mm でコア採取後、拡孔を行い、外径 60.5mm (50A) の保孔管を挿入した。これは、観測井の設置と地質状況、帯水層の確認を同時に行うためであった。一般的な観測井の仕様と本調査の仕様比較を表-1 に示す。

表-1 一般的な観測井と本調査の仕様比較

項目	一般的な観測井	本調査の仕様
コア採取の有無	無	有(66mm)
井戸深度	適宜	100m
掘削孔径	200mm 以上 (深度 100m の場合)	122mm
保孔管の口径	100mm 以上 (深度 100m の場合)	外径 60.5mm (50A, 塩ビ管)
試験項目	目的に応じて様々	温度検層 流向・流速測定
保孔管(有孔管)の開口率	3~10%	20% (横スリット)

### (2) 調査地の地形・地質概要

調査地は、日本海海岸から約 200m 内陸で標高約 15m の鳥取砂丘内に位置する。調査地の地質は、地表より順に砂層、シルト層、砂礫層、そして中新世の河原火山岩に属する基盤岩より構成される。砂丘は、海水面より上位は風成の砂層、下位は水成の砂層で構成され、いずれも主に石英砂からなり、平均粒径は 0.2~0.3mm と小さく、粒径は均等に近い<sup>1)</sup>。

## 3. 作業手順および泥水管理

### (1) 観測井設置の作業手順

作業手順を図-1 に示す。まず、径 66mm でコア採取を行い、採取毎に径 96mm まで拡孔した。これは、コアチューブ引上げ時の真空状態によるコア落下を防ぐためであ

る。地下水位以浅は 100A (Sch40) STPG 管(内径 105.3mm)、以深は泥水により孔壁保護を行った。基盤確認後に、125A (Sch40) STPG 管(内径 130.8mm) に入れ替え、径 122mm で拡孔した。拡孔完了後、孔内の泥水の比重と粘速を低下させ、保孔管を挿入し、間詰材(砂利)を投入した。

エアリフト方式による孔内洗浄を行い、孔内の泥水やスライムを排出して、地下水を間詰材を通して孔内に引き込み、間詰材を充填した。その後、再度間詰材を投入し、上部は止水材により止水処理を行い、孔口までモルタルを注入して孔口処理を実施した。

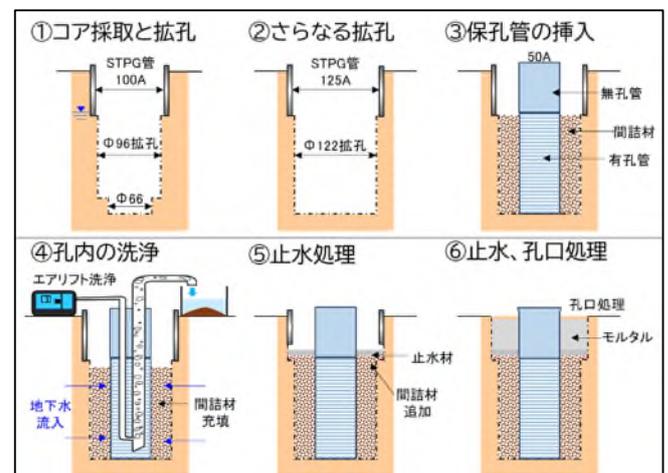


図-1 今回実施した観測井設置の作業手順

### (2) 泥水管理

泥水の比重、粘性、脱水量を定期的に測定し、管理した。泥水の測定器材および管理指標値を表-2 に整理する。

表-2 泥水管理内容等一覧<sup>2)</sup>

項目	目的	測定器材	指標値
泥水の比重	地下水の逸水防止、孔壁の安定維持など	泥水比重計	1.1 程度 (掘削時)
泥水の粘性	掘削屑の効率的な搬出、粘性が高すぎると掘進率は低下	ファンネル粘度計	28sec 程度 (粘性土) 32sec 程度 (砂質土)
脱水量	泥壁形成性の良否評価、泥壁が薄く脱水量が少なく安定性高い	API 規格ろ過試験器	12m $\phi$ 以下 (30min)

粘性土のコア採取時は、地層中の粘土分が泥水に混入するため、砂質土に比べて粘速を低下させる必要がある。径 122mm での拡孔時には、作業性を重視し、粘速・比重を高めて掘削を行った。ただし、保孔管挿入前には間詰材が充填しやすいように粘速・比重を低下させた。

## 4. 調査結果(地質状況)

簡易柱状図および抜粋したコア写真を図-2 に示す。

地質構成は、地表から深度 31.8m までは細砂主体の均等な粒径の砂層が分布し、その下位は深度 52.7m まで貝

殻片が点在するシルト層と細～中砂主体の砂層の互層、さらにその下位は深度 64.5m 付近まで中砂主体の砂層と径 3～10cm 程度の玉石混じりの砂礫層が確認された。64.5m 以深は基盤の角礫凝灰岩である。

また、帯水層は 3 層確認され、深度 57.0～64.5m の砂礫層においては掘削時に逸水が認められた。

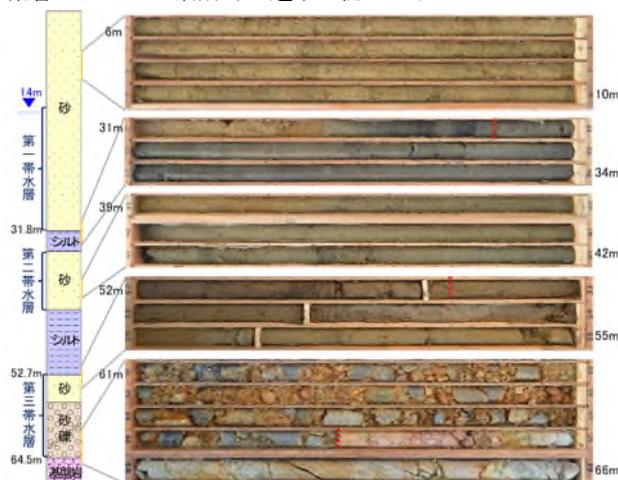


図-2 簡易柱状図と抜粋版コア写真

## 5. 観測井仕上げ

観測井の設置は、本孔の仕上げ時に保孔管内に砂が流入したため、新たに別孔を掘削した。図-3に本孔と別孔を併せた観測井の設置模式図を示す。

### (1) 1回目(本孔)

調査結果より、保孔管(塩ビ管)は地表より深度15m までは無孔管、15～65m 間是有孔管とした。

拡孔後の孔内泥水は比重1.15、粘速50sec であり、保孔管挿入前に比重を1.05、粘速を28sec まで低下させた。挿入後に間詰材(砂利)を深度15m まで半日かけてゆっくり投入した。その後、エアリフト洗浄により、2m 程度間詰材が沈降したことを確認し、密に充填されたと判断した。その後、上部の止水処理を行い、再度エアリフト洗浄を実施した際に、保孔管内への砂の引き込みが激しく、水の濁りが解消されなかった。

翌日には、保孔管内に深度60m まで砂が堆積し、再度孔内洗浄を実施したが、堆積範囲は深度45m まで拡大した。

#### ① 保孔管内への砂の流入原因

砂の流入原因として主に以下の3点が考えられる。

1つ目は、深度57.0～64.5m の砂礫層は掘削時に逸水するほど透水性が高いため、上部の砂層(細砂)が孔内洗浄時に保孔管内に引き込まれた可能性があること、2つ目は、保孔管挿入前の泥水の粘速が十分に低下せず、間詰材の充填が不十分であった可能性があること、3つ目は、有孔管の延長が約50m と長く、開口率が20%と高いことから塩ビ管の構造強度が低く、管体が湾曲してスリット部の拡幅が生じ、結果として保孔管内に砂が流入し易くなっていたと考えられること、である。

#### ② 対策

本孔は深度45m までの観測井として利用し、第三帯水層の深度53～65m に有孔管を設けた別孔を新たに設置した。掘削時には泥水の比重・粘速の上昇に留意し、保孔管挿入前の泥水の比重・粘速の低下方法を見直した。

### (2) 2回目(別孔)

掘削は径122mm で実施し、掘削時の泥水の比重は1.08、粘速は37sec とした。保孔管挿入前は、泥水の粘性および比重を段階的に調整し、比重1.05、粘速25sec まで低下させた。挿入後は孔底から深度50m まで間詰材をゆっくり投入し、間詰材の安定を図る目的でその上に1m 分の砂を投入した。孔内泥水の置換後、エアリフト洗浄を行い、約1m 間詰材の沈降を確認した。

止水材は深度47～49m に投入し、上部の深度15m まで間詰材を投入した。最終的に流量50L/min にてエアリフト洗浄を実施し、孔内水が清浄されたことを確認した。

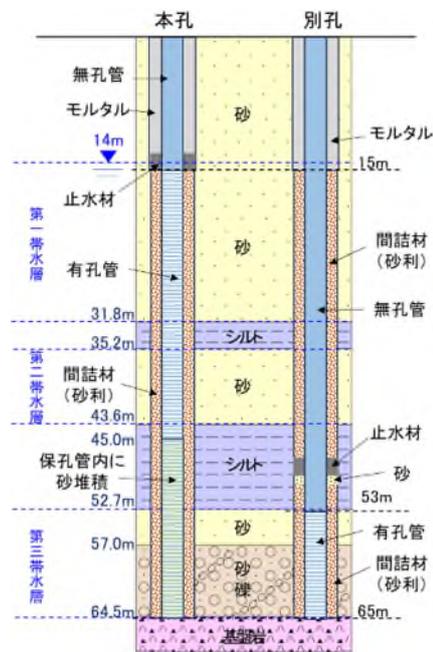


図-3 観測井設置模式図

## 6. まとめ

海岸の砂丘地帯にて地下水位などの継続的な情報把握を目的として小口径の観測井を仕上げた。通常のさく井による井戸設置ではなく、調査ボーリングによるコア採取も兼ねてボーリング孔を活用した観測井とすることができた。小口径での観測井仕上げは、泥水の管理が極めて重要であった。

コア採取と観測井設置を一体化した調査は今後も増加すると想定されるため、今回の経験を基に柔軟な対応ができるよう技術力向上に努めていきたい。

### 《引用・参考文献》

- 1) 中国地方の地質 鳥取砂丘：一般社団法人中国地質調査業協会、(最終閲覧日2025年5月30日)。  
<http://www.chugoku-geo.or.jp/geology/chugoku/003>
- 2) ボーリングポケットブック第6版(2023)：一般社団法人全国地質調査業協会連合会、pp. 171-174.

【FE19】

開発した軽量ボーリングマシンによる狭小空間での地質調査事例

国土防災技術株式会社 ○羽根田 宗将、柴崎 達也、氏家 亨

1. はじめに

近年、防災・減災対策の重要性が高まる中、インフラの老朽化対策として道路トンネルや橋梁等の維持管理における地質調査の需要が増加している。しかし、従来の機械式ボーリングでは資機材の運搬・設置に重機が必要であり、足場の仮設およびスペースが必要となるため、狭小空間での調査には多くの制約があった。

そのため当社では、これらの課題を解決する新たな地質調査技術として、可搬型でありながら機械式と同等の高品質コア採取が可能な軽量ボーリングマシン（QS ボーリング工法）を開発した。本発表では、道路トンネル坑内での実際の適用事例を中心に、本技術の特徴と有効性について報告する。

2. 軽量ボーリングマシンの概要

(1)基本仕様

本マシンは、電動モーターによりツールに回転を与え、ハンドフィード式給圧機により推進力を与えることで、機械式ボーリングと同様の掘削方式を採用している。らせん状のスパイラルアンカー（図-1）を地中に貫入させることで掘削機が自立し（写真-1）、掘削時の反力を得られるため足場が不要となる。また、人肩運搬が可能（写真-2）なため、モノレール設備も不要となり、仮設は最小限で済む。

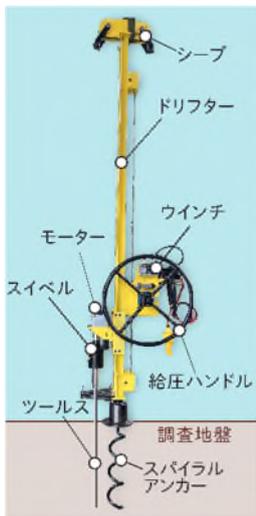


図-1 マシンの構造

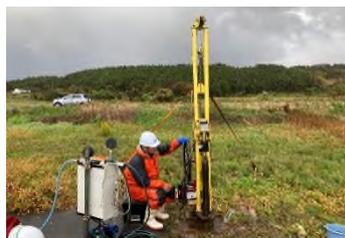


写真-1 マシンセット状況



写真-2 マシン運搬状況

主な特徴は以下のとおりである：

1. 人肩運搬可能な分解重量48kg（2名での運搬可能）
2. 足場不要のアンカー固定方式  
（本調査箇所ではアンカーボルトにより固定）
3. ポータブルバッテリー駆動による排気ガスゼロ
4. 電動式による低騒音作業

(2)従来工法との比較

従来工法と比較した優位性を表-1に示す。特に狭小空間での設置・運搬に係る作業性、環境負荷軽減、騒音等において大きなメリットを有している。

表-1 従来工法との比較一覧表

項目	機械式ボーリング	打撃式簡易ボーリング（エンジン式）	QS ボーリング工法
設置/運搬	×重機・足場要	○容易	○容易
コア品質	○高品質	△品質劣化	○高品質
環境負荷	×排気ガス有	×排気ガス有	○小
騒音	×大	×大	○小

3. 道路トンネル坑内地質調査事例

(1)調査概要

調査対象は高速道路の管理用トンネル（避難坑）内における地質調査であった。調査目的は4車線化工事に伴うトンネル掘削にあたっての地質性状把握及び試験に供する試料採取であり、予定掘削深度15mの調査を実施した。

現場の制約条件として以下の課題があった：

- ・通常のボーリングマシンでは足場が必要となり、緊急車両の常時通行可能な幅（3.5m以上）を確保できない
- ・高速道路沿いからの搬入出で間口が狭く、最小限の運搬車両で対応する必要があった
- ・トンネル坑内でのガソリンエンジン使用による一酸化炭素中毒が懸念された
- ・音が反響するトンネル内での騒音対策が必要であった

(2)軽量ボーリングマシン採用の効果

1. 作業空間の確保

機械式ボーリングでは足場組立により車両通行幅の確保が困難であったが、軽量ボーリングマシンでは足場不要により常時車両通行幅を確保できた（写真-3）。機材も最小限のスペースで設置可能であり（写真-4）、緊急時の車両通行に支障をきたすことがなかった。



写真-3 通行幅確保状況



写真-4 マシン稼働状況

## 2. 準備工の短縮と搬入出の効率化

機械式ボーリングでは大型のマシン本体、足場資材、付帯設備の運搬に3t ユニック車2台での搬入が必要であった。これに対し、本工法では軽量・分解式の特徴により3t ユニック1台のみで全機材の搬入が可能となった。追加資材が必要な場合も人肩運搬で対応可能であり、高速道路という制約の多い現場において大幅な効率化を実現した。

作業工程面では、機械式ボーリングでは足場材の運搬・組立・安全確認を含む準備工に約2日間を要する計画であったが、本工法では現場着手から機材セット完了まで半日程度で完了した。これは足場仮設が不要となったことに加え、機材の軽量化により設置作業の簡素化が図られたためである。

従来工法（機械式ボーリング）と比較した作業効率を以下のとおり定量的に評価した：

- ・搬入車両台数：従来工法2台→本工法1台（50%削減）
- ・準備工時間：従来工法2日→本工法0.5日（75%短縮）

## 3. 安全性の向上

大型モバイルバッテリー駆動により完全無排気作業を実現し、トンネル坑内での一酸化炭素中毒リスクを排除した。また、電動式により作業音が小さく、音が反響するトンネル坑内での作業員への騒音対策も同時に解決した。

## (3) 調査結果

緑色凝灰岩の軟岩地山（CL～CH級）に対して、予定どおり深度15mまでの調査をトラブルなく完了した。適切な回転数・ハンドフィードによる給圧により、乱れの少ない高品質なコアを採取することができた（写真-5）。特に節理面や風化状況の観察において、従来の打撃式では困難な連続性のあるコア採取を実現した。



写真-5 ポーリングコア写真

調査期間は機械式ボーリングと比較して約40%短縮され、2孔合計深度30mを實質作業日数8日で完了した。これは準備工・撤去工の大幅な省力化によるものである。

## 4. 今後の展開

本技術は以下の分野での活用が期待される：

### (1) 老朽化インフラの維持管理

令和6年度から新たな更新計画が本格実施されている高速道路の大規模更新・修繕事業において、盛土の安定性評価が急務となっている。従来の機械式ボーリングでは供用中の高速道路での調査において交通規制の長期化

が懸念されるが、本工法では迅速な機材設置と撤去により規制時間を大幅に短縮できる。特に調査深度10m程度が多い道路盛土の地質調査において、本技術の機動性と効率性は高い適用性を有している。

### (2) 激甚化する自然災害への対応

近年の豪雨災害により、宅地造成地の滑動崩落リスクが顕在化している。令和4年の熱海市土石流災害を受け、盛土規制法が制定され、危険な盛土等への規制が強化された。また、全国約5万箇所の大規模盛土造成地において安全性把握調査の推進が求められており、狭小な住宅地での迅速な地質調査技術として、本工法の適用が期待される。

### (3) 環境配慮

2050年カーボンニュートラル実現に向け、建設分野でも環境負荷軽減が求められている。本工法は現場での排気ガスゼロ、重機不要による騒音・振動の大幅削減により、特に自然公園内や文化財周辺、住宅密集地等の環境配慮が必要な地域での地質調査において優位性を発揮する。

### (4) 規制地域での許可申請の簡素化

国有林内での治山・砂防事業や、文化財保護法の適用を受ける埋蔵文化財包蔵地での地質調査において、機械式ボーリングでは広範囲の作業エリア確保とモノレール・足場設置のため、複雑で長期間を要する許可申請が必要であった。本工法では最小限の作業エリアで済むため、申請面積の大幅縮小により許可申請資料作成に係る作業を軽減でき、現場着手の早期化が可能となる。

## 5. まとめ

開発した軽量ボーリングマシンを道路トンネル坑内地質調査に適用し、以下の成果を得た：

1. 緊急車両の通行幅を確保しながら地質調査を実現
  2. 無排気・低騒音作業により作業環境を大幅に改善
  3. 従来工法と比較して調査期間を40%短縮
  4. 機械式ボーリングと同等の高品質コア採取を実現
- 本技術は狭小空間での地質調査における新たな技術として、今後幅広い分野での活用が期待される。

## 6. 謝辞

本調査の実施にあたり、東日本高速道路株式会社の関係各位にご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

## 《引用・参考文献》

- 1) 柴崎達也・高島誠・伴博史・氏家亨（2023）：開発した軽量ボーリングマシンによる浅層地盤の高品質コア採取事例、第58回地盤工学研究発表会発表講演集、13-11-2-01

## ポータブル蓄電池を用いたボーリング技術

中電技術コンサルタント株式会社 ○藤本 潤, 山口 浩司  
旭土質調査株式会社 田崎 弘俊, 岩川 大志

### 1. はじめに

従来のボーリング技術<sup>1)</sup>は、原動機としてエンジン（軽油）を使用することが多い。そのため、閉鎖空間での排気ガスによる作業環境の悪化や住宅地・建物内等での排気ガス・騒音に対する苦情が懸念される。この場合には、原動機をモーターに変えることで排気ガスや騒音の対策としている。しかし、次にモーターを使用することで電源確保の問題が発生する。

本技術は、電源をポータブル蓄電池とすることで、電源確保の問題を解決し、排気ガスや騒音への対策を可能とした新たなボーリング技術である。

### 2. 従来ボーリング技術の課題

従来のボーリング技術において、原動機としてエンジンを使用した場合、以下の課題が挙げられる。

#### (1) 排気ガスの排出

ボーリングマシン稼働時には軽油を使用するため、排気ガス（二酸化炭素）が排出される。二酸化炭素は地球温暖化の原因の一つであり、全世界で排出削減が進んでいる。また、人体に有害であるため、閉鎖空間では使用できない。よって、閉鎖空間でボーリング調査を行う場合は排気ガス対策が必要となる。

排気ガス対策として、写真-1のように原動機にモーターを使用することが一般的であり、モーターの電源は開放空間に設置した発電機あるいは配電工事により確保する。しかし、前者は発電機使用のために二酸化炭素が排出されること、後者は工事費の負担や電気使用の手続きが必要となることが課題である。



写真-1 閉鎖空間（ダム監査廊内）での調査状況写真

#### (2) 調査時の作業音（騒音）

ボーリングマシン稼働時には作業音（騒音）が発生する。騒音による体調悪化が発生する場合もあるため、都市部や住宅地内でボーリング作業を行う場合、騒音に対

する地域住民からの苦情が懸念される。

騒音対策として、写真-2のような防音シートによる作業音の低減を図ることが一般的である。しかし、作業音をゼロにすることは難しく、作業員の出入り等で一時的に作業音が大きくなることもあり、作業音の低減が課題である。



写真-2 住宅地での調査状況写真

### 3. 新技術紹介

従来技術における課題を新技術により解決することができた。新技術に使用した機器の一覧を表-1に示す。

表-1 新技術に使用した機器一覧表

使用機器	規格
モーター	富士電機(株)製 MLU1107A 型 (三相 200V, 2.2KW)
ポータブル蓄電池	荏原実業パワー(株)製 EJ-POWER AP500
インバーター	富士電機(株)製 FRN2.2C2S-2J 型を改良

新技術に使用したモーターは既製品である。三相200V電源の仕様であり、一般的な蓄電池（単相100V）は使用できなかった。そこで、単相100V から三相200V に変換できるポータブル蓄電池（2台）を使用した。

しかし、既製品のモーターとポータブル蓄電池をそのまま使用した場合、ボーリングマシンの回転数を制御できず、軟弱な地盤でのコア流出やジャミングによる掘削停止が懸念された。そこで、モーターの回転数を制御するインバーターを用いた。ただし、インバーターはボーリングマシンに適応していないため、本技術で改良した。新技術の使用・接続状況を図-1に示す。

新技術により、問題無くボーリングマシンを稼働させることができた。また、原動機がモーター・電源がポータブル蓄電池となったことで、排気ガス排出量ゼロや作業音の低下を可能とした。



図-1 ポータブル蓄電池仕様

ポータブル蓄電池(2台)

変換器 (200V)

改良した  
インバーター

モーター搭載した  
ボーリングマシン  
(新技術)



(上：礫混じり土砂，下：岩盤)

写真-3 新技術で採取したボーリングコア写真

#### 4. 新技術実績

新技術を用いてボーリング調査を実施した。調査内容は以下の通りである。

##### 【新技術によるボーリング調査実績】

- ① オールコア (φ66mm, 鉛直方向) : GL-30m  
(礫混じり土砂 25m, 岩盤(軟岩～中硬岩) 5m)
- ② ノンコア (φ86mm, φ116mm, 鉛直方向) :  
GL-18～24m (礫混じり土砂のみ)
- ③ 標準貫入試験 (1m 毎に実施)
- ④ 現場透水試験、⑤ 孔内水平載荷試験
- ⑥ サンプルング (トリプルサンプルング)

写真-3に示す通り、ボーリングコアの採取状況は従来技術と同様である。また、各種原位置試験やサンプルングも問題無く実施できた。ただし、5インチのケーシング15本を挿入後にケーシング回転が困難となり、掘削限度が確認できた。この掘削限度は使用したモーターの出力限界と考えられる。

#### 5. まとめ

新技術は従来技術に比べて、以下のメリットが得られた。また、従来のボーリングマシンと同様にボーリングコアを採取できた。

##### 【新技術のメリット】

- ① 排気ガスの排出ゼロ
- ② 作業音の低下 (従来 : 80db, 新技術 : 50db)<sup>2)</sup>
- ③ 電源確保のための発電機準備や配電工事および手続きが不要
- ④ コスト削減  
(従来(軽油) : 約450円, 新技術(電気) : 約200円/1日)

以上より、新技術はボーリング調査において非常に有用な技術であるといえる。そのため、本技術を新技術情報提供システム<sup>3)</sup> (NETIS 番号 : QS-240025-A) にて登録した。ただし、掘削限度が確認されたことや実績が少ないこと等、課題も抽出できたため、引き続き、改良を行っていく次第である。

#### 6. 謝辞

新技術の開発にあたり、共同開発会社である旭土質調査株式会社には多大なる尽力を賜った。また、弊社上長の協力ならびに開発費の支援をはじめ、多くの関係者から力添えを受け、本技術を開発することができた。開発に携わった全ての関係者に対し、深く感謝の意を表する。

##### 《引用・参考文献》

- 1) 地盤調査の方法と解説 (2013) : 公益社団法人地盤工学会.
- 2) 環境展望台 全国環境研究会誌 34巻4号 (2009), 全国環境研協議会
- 3) NETIS ホームページ,  
<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/input/pubsearch/search>.