

# 地下ダム工事における SMW 止水壁の施工管理

## Construction and management of the SMW method on the subsurface dam construction

小野 敦\*      羽山 里志\*  
Atsushi Ono      Satoshi Hayama  
阿部 孝行\*\*      佐藤 靖彦\*\*\*  
Takayuki Abe      Yasuhiko Sato

### 要 約

地下ダム建設工事は、地下水の貯留を主な目的とするため構築する止水壁の品質確保が重要である。そこで、宮古島仲原地下ダム建設工事の止水壁の施工では、削孔データによる空洞および基盤判定、傾斜計による鉛直精度管理および 3D 出来形管理により、施工品質を確保し施工を行った。その結果、削孔データによる空洞や脆弱部の可能性のある箇所の推定が可能であることがわかった。また、基盤判定については琉球石灰岩と基盤泥岩の特性の違いから、基盤面の確認を推定することができた。傾斜計を用いた 3D 出来形管理では、施工杭の現状把握を迅速に行うことが可能となり、これらの図面を施工管理に活用することで調整杭の発生抑制に努めることができた。

### 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 地質概要
- § 4. SMW 削孔データ 空洞判定・基盤確認システム
- § 5. 削孔データ等による空洞・軟質部の判定検討
- § 6. 削孔データ等による基盤面の判定検討
- § 7. 出来形管理システムについて
- § 8. まとめ

### § 1. はじめに

沖縄県などの南西諸島においては表層地質が多孔質で透水性の高い琉球石灰岩から成るため、農業用水や生活用水は地下水に依存している。また、降水は梅雨および台風期に集中し、渇水時には水資源が不足し、干ばつによる被害が発生することが多い。宮古島においてはかんがい用水の需要が増加しており、安定的に用水を確保するため、地下に不透水性の止水壁を造成し、地下水を貯留する地下ダムの建設工事が進められている。地下ダム建設工事は止水確保のため、不透水層基盤への根入れ確認および杭の鉛直精度管理が重要となる。また、表層地層の琉球石灰岩においては地下空洞や空洞に軟質土が充

填された軟質部分が存在することがあり、空洞や脆弱部の有無の確認も重要である。

そのため、本工事・宮古島仲原地下ダム（新垣北部）建設工事では、①「SMW 削孔データ基盤確認システム」<sup>1), 2)</sup> に『空洞判定機能』を追加したシステムを用いた空洞および不透水層基盤への根入れ確認、②ボアホールカメラによる空洞追加調査、③傾斜計による杭の鉛直精度管理および 3D 出来形管理により、調整杭の発生抑制および止水壁の連続性確保に努めた。本報告ではこれらの施工管理方法と結果について報告する。

### § 2. 工事概要

工 事 名：宮古伊良部農業水利事業 仲原地下ダム  
（新垣北部）建設工事  
発注者名：沖縄総合事務局  
（宮古伊良部農業水利事業所）  
工事場所：沖縄県宮古島市城辺字友利地内  
工 期：平成 27 年 6 月 8 日～平成 29 年 2 月 17 日  
工事内容：止水壁工（柱列式原位置攪拌工法）  
施工延長 270 m    施工面積 12,849 m<sup>2</sup>  
平均深度 47.6 m    締切面積 10,617 m<sup>2</sup>

本工事は、沖縄県宮古島の南東に位置する仲原地下ダムの総延長 L = 2,281 m のうち、ダム北西部の延長 L = 270 m の非越流部の止水壁を築造する工事である（図－1、写真－1）。当社においては久米島カンジン地下ダム、

\* 九州(支)宮古地下ダム(出)

\*\* 技術研究所土木技術グループ

\*\*\* 技術研究所

伊江島地下ダムに次ぐ3島目の地下ダム工事である。それぞれ地質条件、施工条件は異なるが、共通の課題として地下空洞処理、基盤層への根入れ確認及び鉛直精度管理が挙げられる。事前ボーリング調査は50 m間隔で行われているが、ボーリング間の地質・地層は不明な部分も多く、ケーシング削孔、先行削孔時にリアルタイムで地質を把握するシステムが重要となる。図-2に地下ダム止水壁の施工フローを示す。



図-1 工事場所位置図



写真-1 施工状況全景

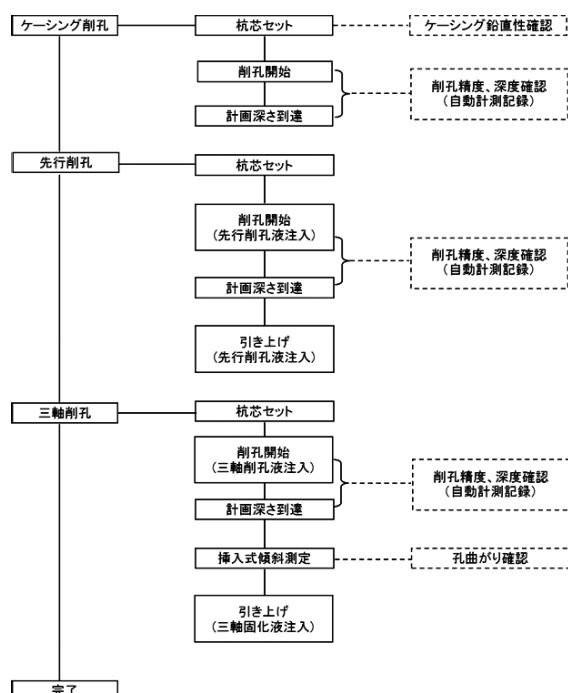


図-2 止水壁の施工フロー

### §3. 地質概要

図-3, 4に当該現場の地質縦断面図, 現場平面図を示す。地質構造は、新第三系島尻層群泥岩を基盤とし、それを不整合に覆う第四紀更新世の琉球石灰岩 (N値 50 程度以上)、さらに現世堆積物 (大野越粘性土) が表層部を薄く覆っている。現場の近接箇所に民間施設の仲原鍾乳洞があり空洞に起因する削孔液の逸液が懸念された。

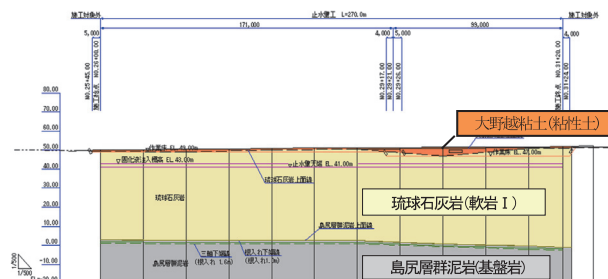


図-3 地質縦断面図

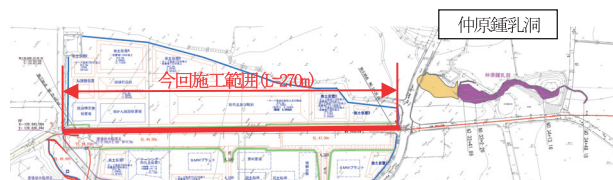


図-4 現場平面図

### §4. SMW 削孔データ 空洞判定・基盤確認システム

本システムは削孔データ (電流値、吊荷重、削孔速度およびその他解析値) を整理し、施工中の削孔データをモニター用 PC に取込み、リアルタイムに軟質部、空洞の存在の可能性の有無、ならびに基盤層 (島尻泥岩) の着底確認を客観的にできるものである。図-5にシステム構成図、図-6にシステム解析フローを示す。図-7に空洞・軟質部および基盤の判定方法の指標を示す。

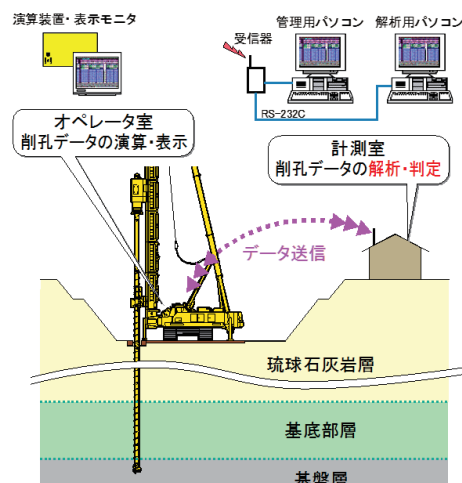


図-5 システム構成図

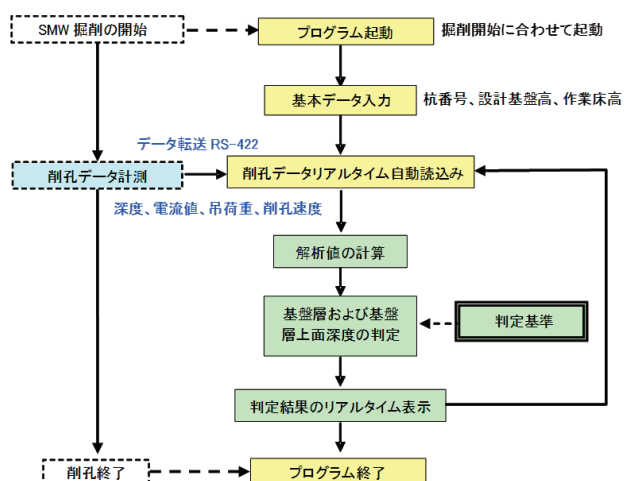


図-6 システム解析フロー

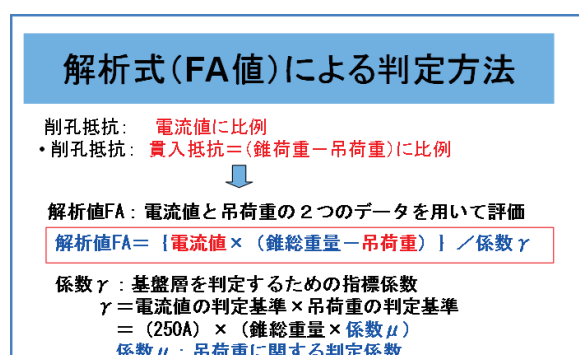


図-7 空洞・軟質部および基盤の判定方法

表-1 検討削孔データ

|         | 杭No.                          | 施工条件  |                    |
|---------|-------------------------------|-------|--------------------|
|         |                               | 作業床EL | 深度                 |
| ケーシング削孔 | K-1 ~ K-191 : 191本            | 49.0m | 0m~20m             |
|         | K-192 ~ K-301 : 110本<br>計301本 | 47.0m |                    |
| 先行削孔    | S-1 ~ S-191 : 191本            | 49.0m | 20m<br>~設計基盤高-1.5m |
|         | S-192 ~ S-301 : 110本<br>計301本 | 47.0m |                    |

図-7の解析値FAは電流値および吊荷重データより空洞および基盤を判定する指標であり、式中の電流値の判定基準および吊荷重の判定基準は、本工事に係るボーリング調査で得られた地質柱状図と試験施工の削孔データとの対比、および過去の施工経験値から決定した。解析には表-1に示すケーシング削孔および先行削孔のデータを用いた。

## §5. 削孔データ等による空洞・軟質部の判定検討

### 5-1 ケーシング削孔データによる判定検討

#### (1) 概要

ケーシング削孔は先行削孔で高い精度を確保するためにGL-20mまで事前にケーシングをガイドとした削孔、排土を行うものである。このケーシング削孔データを基に空洞や軟質部の存在の有無を判定することを検討した。

#### (2) ケーシング削孔データの特徴

ケーシング削孔データの一例を図-8に示す。ケーシング削孔では、ケーシング内に土砂を取り込み、適宜引き上げて排土を行う。そのため、ケーシング内の土砂の重量とオーガーへの抵抗が付加され、電流値と吊荷重の値はその影響を受ける。ケーシング内への土砂の取り込みによりオーガーへの抵抗が増加するため、深度の増加に伴って電流値は漸増する。排土を行うと電流値は一旦250A程度まで減少するが、削孔に伴って再び漸増する。

一方、吊荷重については、ケーシング内への土砂の取り込みにより吊荷重が変動するため、その傾向から判定することは難しい。

上記の理由から、ケーシング削孔において電流値と吊荷重から算出される地山硬軟の指標FA値を用いて空洞の有無を推定することは困難と考えた。

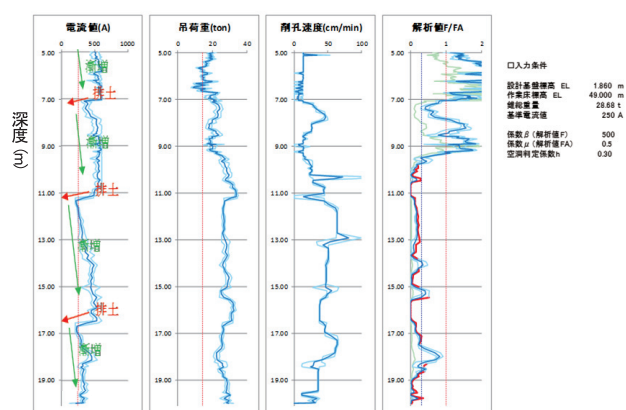


図-8 ケーシング削孔データ (K-187)

#### (3) ケーシング削孔データの軟質部や空洞の判定方法

これまでの地下ダム工事（伊江地下ダム西工区（その2）工事等）における削孔データの特徴を参考に、軟質部や空洞が存在し得る区間を総合的に判定することとした（図-9）。空洞部の特徴として、電流値が無負荷状態に近くなること、また空洞に遭遇すると先端抵抗を失うため、削孔速度が急増するという傾向があった。そこで電流値が200A程度以下の区間が深さ方向に50cm以上続く場合は軟質部である可能性が、さらに削孔速度が100cm/min程度まで急増する場合は空洞のある可能性があるとして判定することとした。

図-10にケーシング削孔における空洞・軟質部の可能性判定の例を示す。ケーシング削孔データの解析から軟質部や空洞の可能性のある区間を抽出し、表-2にまとめた。ケーシング削孔301本のうち、判定システムにより12本の杭において軟質部や空洞がある可能性が抽出された。それらは止水壁方向の連続性が乏しく局所的であった。K-47~K-49では図-10に示すように深度19m~20m程度の範囲で軟質部や空洞が連続して存在する可能性が抽出されたが、深さ方向の範囲が狭いため、その規模は小さかった。

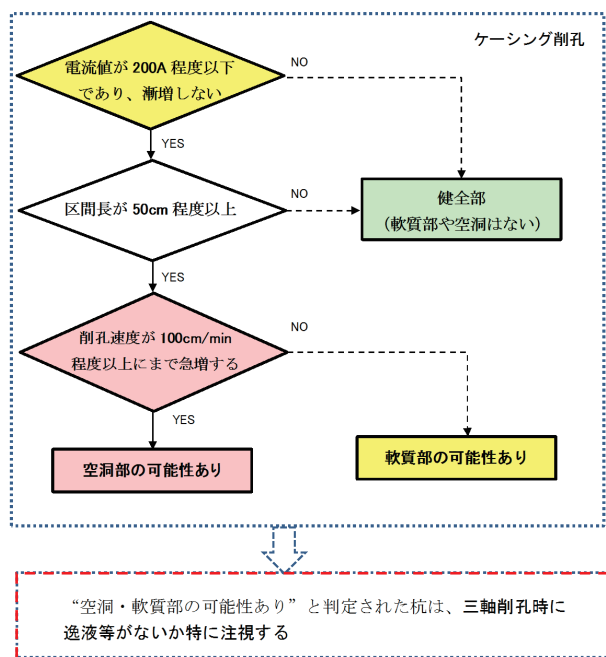


図-9 ケーシング削孔 軟質部・空洞判定の目安

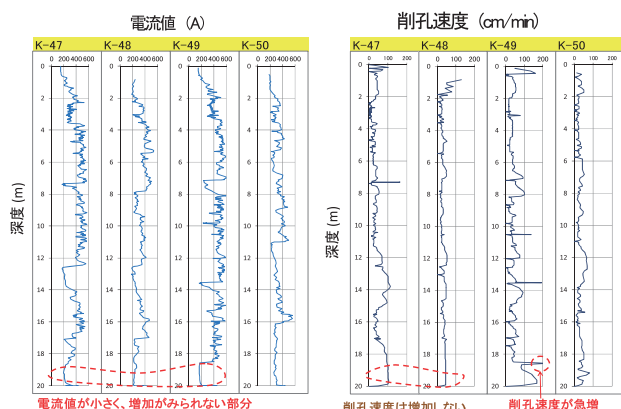


図-10 ケーシング削孔 軟質部・空洞判定の例

表-2 削孔データによる軟質部や空洞の可能性のある区間の抽出結果

| 杭No.  | 深度 (m)      | 区間長 (m) | 判定      | ボアホールカメラでの観察結果 |
|-------|-------------|---------|---------|----------------|
| K-9   | 16.8 - 18.9 | 2.1     | 軟質部     | 礫状石灰岩・粘土付着     |
| K-23  | 15.5 - 16.1 | 0.6     | 軟質部     | 画像なし           |
| K-42  | 12.1 - 13.5 | 1.4     | 軟質部     | 礫状石灰岩・粘土付着     |
| K-47  | 18.9 - 19.8 | 0.9     | 軟質部     | 画像なし           |
| K-49  | 18.6 - 20.0 | 1.4     | 軟質部     | 礫状石灰岩・粘土付着     |
| K-51  | 18.0 - 19.4 | 1.4     | 軟質部     | 礫状石灰岩・粘土付着     |
| K-58  | 18.2 - 19.5 | 1.3     | 軟質部     | 礫状石灰岩・粘土付着     |
| K-74  | 5.4 - 7.3   | 1.9     | 軟質部     | 粘土充填           |
| K-78  | 5.4 - 6.6   | 1.2     | 軟質部     | 粘土充填           |
| K-235 | 11.5 - 12.6 | 1.1     | 軟質部or空洞 | 粘土付着           |
| K-285 | 17.0 - 18.2 | 1.2     | 軟質部     | 粘土付着           |
| K-299 | 14.6 - 15.6 | 1.0     | 軟質部or空洞 | 一部空洞有り         |

## (4) ボアホールカメラによる空洞調査

また、空洞の有無を直接把握するために、ケーシング削孔完了後、深さ 6 m 以深にボアホールカメラを孔内に挿入して孔壁の画像撮影を行った（写真-2, 3）。測定間隔は空洞対策の対象深度に対して 2 m 間隔とした。カメラでの観察結果は表-2 に併記して示す。

ボアホールカメラ調査においても写真-3 に示すよう

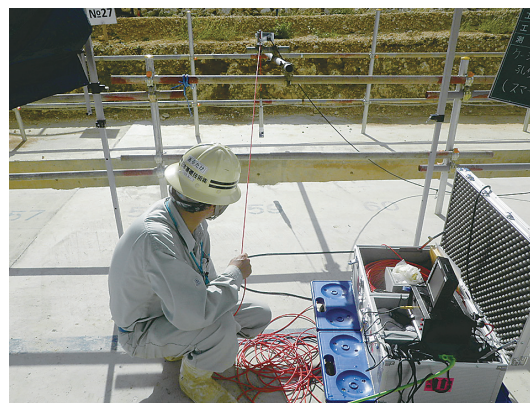


写真-2 ボアホールカメラ調査状況



写真-3 ボアホールカメラ画像 (K-299)

に小さな空洞・空隙が認められたものの、施工に影響する大きな空洞は発見されなかった。削孔データで軟質部と判定した区間については礫状石灰岩・粘土付着といった地質状況であることを確認した。これより、ケーシング削孔の範囲（0～20 m）における軟質部や空洞の規模は総じて小さく、その影響は小さいことが推定された。

以上のように、ケーシング削孔においては電流値と削孔速度の削孔データから判定する判定システムにより抽出される空洞・軟質部の箇所は安全側に評価されていた。

## 5-2 先行削孔データによる判定検討

## (1) 先行削孔データからの空洞・軟質部の判定方法

深さ 20 m 以深については、先行削孔データから空洞・軟質部の判定を検討した。先行削孔においても、伊江地下ダムの施工実績を参考にするとともに、事前ボーリング調査に隣接する孔を優先して施工して、柱状図と先行削孔データを対比して傾向を把握することにより、軟質部や空洞の判定方法を確認することとした。図-11 に S-279 の削孔データと隣接する柱状図を並べて示す。ボーリング H24P-31 の深度 24.77～26.0 m 区間にて、ロッドが自沈する軟質部が確認されていた。この深度における削孔データは、電流値は 200 A 程度、FA 値は 0.3 程度であり、削孔速度は 100 cm/min 程度まで急増した。このことから、先行削孔に対しては、電流値と FA 値が小さく、削孔速度が急増する区間を軟質部や空洞の可能

S279

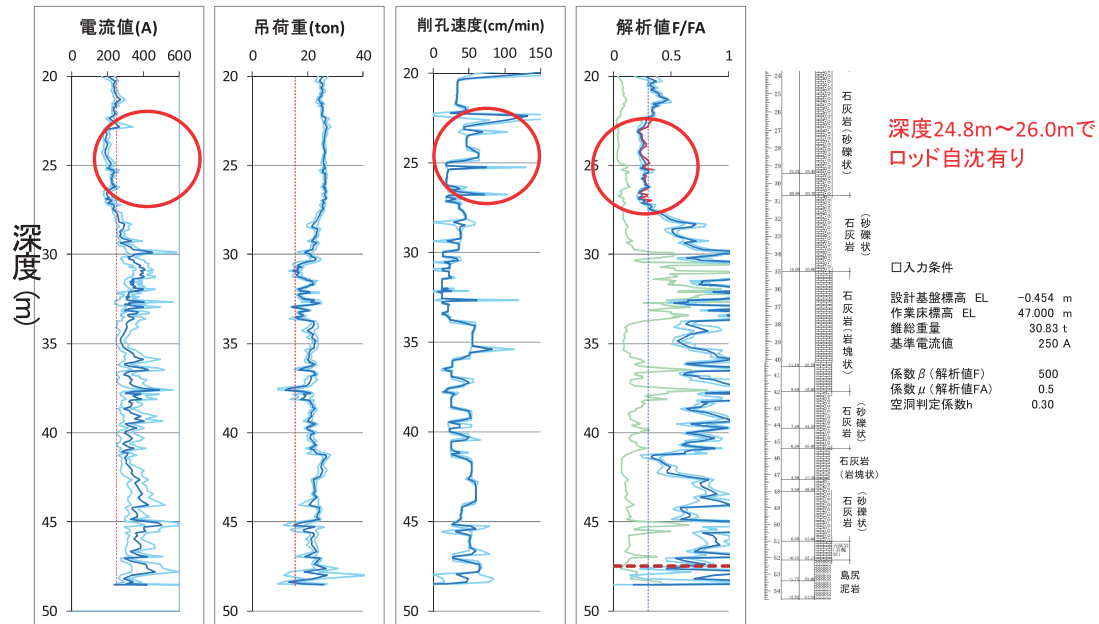


図-11 事前ボーリングと先行削孔の比較 (S-279)

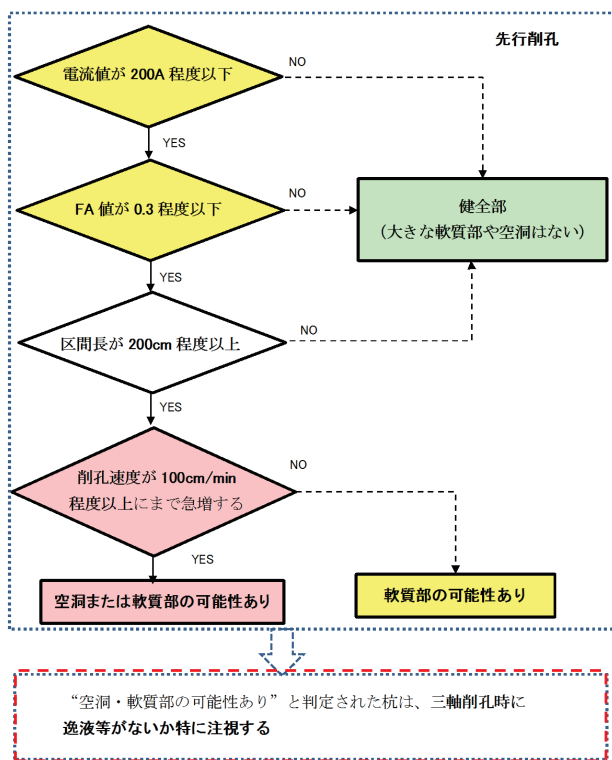


図-12 先行削孔における軟質部・空洞判定の目安

性があると考えた。

そこで判定方法は図-12に示すように、電流値が200 A程度以下かつFA値が0.3程度以下の区間が深さ方向に200 cm以上続く場合は相応の大きさの軟質部の可能性があるとし、さらに削孔速度が100 cm/min程度以上まで急増する場合は空洞の可能性があるとして判定することとした。

## (2) 軟質部・空洞の判定予測と施工結果

S-279を除く全ての先行削孔のデータから軟質部や空

表—3 軟質部や空洞の可能性のある区間の抽出結果

| 杭No.  | 深度(m) | 区間長<br>(m) | 判定   | 三軸削孔    |
|-------|-------|------------|------|---------|
| S-3   | 22.3  | 27.9       | 5.6  | 軟質部     |
| S-11  | 25.4  | 27.6       | 2.2  | 軟質部     |
| S-26  | 22.6  | 27.7       | 5.1  | 軟質部     |
| S-37  | 25.9  | 28.8       | 2.9  | 軟質部     |
| S-38  | 22.2  | 25.3       | 3.1  | 軟質部     |
| S-39  | 22.2  | 25.7       | 3.5  | 軟質部     |
| S-40  | 22.3  | 26.3       | 4.0  | 軟質部     |
| S-41  | 22.3  | 24.4       | 2.1  | 軟質部     |
| S-42  | 22.5  | 27.0       | 4.5  | 軟質部     |
| S-43  | 22.3  | 28.7       | 6.4  | 軟質部     |
| S-46  | 25.7  | 28.6       | 2.9  | 軟質部     |
| S-47  | 26.5  | 29.3       | 2.8  | 軟質部     |
| S-49  | 20.1  | 29.0       | 8.9  | 軟質部     |
| S-51  | 22.7  | 29.3       | 6.6  | 軟質部     |
| S-53  | 22.4  | 28.1       | 5.7  | 軟質部     |
| S-54  | 26.3  | 28.6       | 2.3  | 軟質部     |
| S-56  | 22.3  | 29.4       | 7.1  | 軟質部     |
| S-57  | 22.3  | 25.5       | 3.2  | 軟質部     |
| S-63  | 22.4  | 28.1       | 5.7  | 軟質部     |
| S-64  | 22.4  | 25.9       | 3.5  | 軟質部     |
| S-67  | 22.3  | 27.1       | 4.8  | 軟質部     |
| S-68  | 22.4  | 27.9       | 5.5  | 軟質部     |
| S-69  | 20.9  | 27.3       | 6.4  | 軟質部     |
| S-71  | 22.4  | 26.0       | 3.6  | 軟質部     |
|       | 29.8  | 32.8       | 3.0  | 軟質部     |
| S-72  | 22.3  | 26.3       | 4.0  | 軟質部     |
| S-73  | 20.0  | 26.2       | 6.2  | 軟質部     |
| S-75  | 22.3  | 25.0       | 2.7  | 軟質部     |
| S-76  | 22.4  | 25.6       | 3.2  | 軟質部     |
| S-77  | 22.3  | 28.3       | 6.0  | 軟質部     |
| S-79  | 22.3  | 29.5       | 7.2  | 軟質部     |
|       | 30.2  | 32.6       | 2.4  | 軟質部     |
| S-80  | 22.4  | 25.0       | 2.6  | 軟質部     |
| S-81  | 22.3  | 27.5       | 5.2  | 軟質部     |
| S-83  | 22.9  | 27.2       | 4.3  | 軟質部     |
| S-85  | 22.4  | 27.4       | 5.0  | 軟質部     |
| S-86  | 22.3  | 29.0       | 6.7  | 軟質部     |
| S-87  | 22.3  | 25.5       | 3.2  | 軟質部     |
| S-88  | 22.3  | 27.2       | 4.9  | 軟質部     |
|       | 31.1  | 33.8       | 2.7  | 軟質部     |
| S-92  | 22.3  | 26.4       | 4.1  | 軟質部     |
| S-93  | 22.2  | 29.0       | 6.8  | 軟質部     |
| S-94  | 22.3  | 27.6       | 5.3  | 軟質部     |
| S-115 | 22.3  | 27.2       | 4.9  | 軟質部or空洞 |
| S-116 | 22.3  | 26.7       | 4.4  | 軟質部or空洞 |
| S-117 | 22.4  | 27.2       | 4.8  | 軟質部or空洞 |
| S-118 | 24.0  | 27.2       | 3.2  | 軟質部or空洞 |
| S-120 | 22.8  | 24.9       | 2.1  | 軟質部or空洞 |
| S-122 | 22.3  | 26.7       | 4.4  | 軟質部     |
| S-129 | 23.0  | 25.1       | 2.1  | 軟質部or空洞 |
| S-131 | 22.6  | 25.5       | 2.9  | 軟質部     |
| S-132 | 22.9  | 25.4       | 2.5  | 軟質部or空洞 |
| S-133 | 24.3  | 27.1       | 2.8  | 軟質部     |
| S-144 | 22.4  | 27.8       | 5.4  | 軟質部or空洞 |
| S-146 | 22.2  | 26.3       | 4.1  | 軟質部     |
| S-205 | 20.4  | 38.2       | 17.8 | 軟質部     |
| S-243 | 24.1  | 26.3       | 2.2  | 軟質部or空洞 |

洞の可能性があると判定された区間を表-3にまとめた。54本の先行削孔杭で抽出された。その主な特徴を以下に示す。

先行削孔で抽出された軟質部・空洞の可能性箇所の多くは工区南側 (S-37 ~ S-146) の深度 22 m ~ 30 m 程度の範囲に分布した。この区間の琉球石灰岩は相対的に硬質ではないことが推測された。一方、工区北側では軟質部・空洞判定の箇所がかなり少ないことから、仲原鍾乳洞への影響は小さいものと予想した。これらの区間の三軸削孔にあたっては、注入液の漏れ等に配慮して施工を行ったが、逸液等の空洞に起因する現象は特に認められなかった。

### 5-3 空洞・軟質部の判定検討結果のまとめ

ケーシング削孔および先行削孔の電流値、削孔速度、FA 値の変動傾向から、軟質部および空洞の可能性が推定される箇所を抽出した。その結果、合わせて 301 本中 66 本において、軟質部または一部で空洞の存在の可能性が示唆される箇所が推定された。抽出箇所の代表地点では追加ボーリングを行い、空洞・軟質部の有無を確認した。

三軸削孔工を施工した結果、現場地質は比較的密であり、逸液等の問題が生じるような空洞も確認されず、問題なく施工を終えることが出来た。

以上のように、削孔データから抽出した軟質部・空洞の可能性箇所は安全側に評価されているが、空洞・軟質部の有無をスクリーニングする方法として有用であると考えられる。

## § 6. 削孔データ等による基盤面の判定検討

### 6-1 先行削孔データの基盤面の特徴

調査ボーリング地点 (6 箇所) に隣接する杭を優先して施工し、先行削孔 (深度 20 m 以深) のデータを柱状図と対比した。代表的な結果 (S-1) を図-13 に示す。これらの削孔データの特徴は以下の通りである。

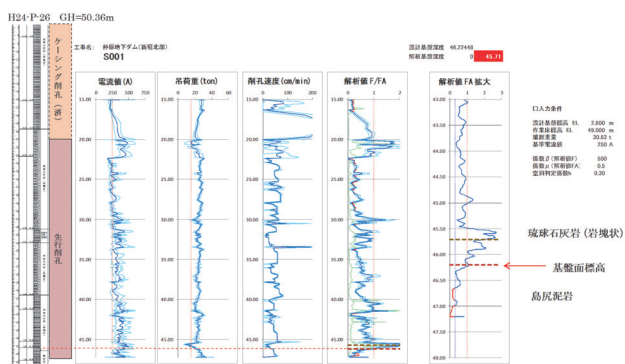


図-13 先行削孔 (S-1) の削孔データと柱状図

#### (1) 基盤面付近での削孔データの特徴

琉球石灰岩層から基盤層 (島尻泥岩) に入る深度において削孔データに次のような特徴が見られた。

電流値は、直上の石灰岩層で 350 ~ 500 A 程度とやや大きな値に対して、島尻泥岩になると電流値が 250 ~

300 A 程度に低下する傾向にある。吊荷重は、直上の石灰岩層で吊り荷重が一旦 15 ~ 20 t 程度に減少したのち、泥岩層では 30 t 近くに増加する傾向がある。削孔速度は、杭 S-1 と S-167 では直上の石灰岩層で硬質のためか速度が低下しているのに対して、泥岩層では 50 cm/min 程度かそれ以上の削孔速度に回復している。FA 値は、直上の石灰岩層で FA = 1 程度またはそれ以上の値に増加傾向を示すのに対して、基盤の泥岩層では FA = 0.5 前後に低下する傾向が認められた。

このように電流値、吊荷重、削孔速度および FA 値は、硬い石灰岩層と軟岩の泥岩層において特徴に違いがあり、そのコントラストにより、削孔データから基盤面への根入れ確認を判定できるものと考えた。

### 6-2 先行削孔データによる基盤面の判定方法

本工事においては、基盤面の判定に主に FA 値を使用し判断した。調査ボーリング位置での先行削孔データの傾向は図-14 のように、基盤面付近の FA 値は山型状に変化し、次のような特性が見られる。

- ・基盤面直上の約 70 ~ 100 cm の石灰岩 (岩塊状) において、岩の硬さが反映されて FA 値が 1 を超える。
  - ・基盤層の泥岩になると、FA 値が低下してその後 FA 値が 0.3 ~ 0.5 前後で推移する。
  - ・基盤面位置は、おおよそ FA 値 = 0.7 ~ 1.0 前後で境となっている。
- そこで、基盤面位置の判定基準を

- ① FA 値  $\geq 1.0$  となる深度 (硬質の石灰岩)
- ② その後 FA 値  $< 1.0$  となる深度 (泥岩の表面)
- ③ その後 FA 値  $< 0.7$  となる深度

と設定し、各杭で該当深度を読み取り「基盤判定深度」を推定した。なお、②、③の判定が難しい場合は、FA 値の変化傾向から、目視で基盤深度を判断、推定した。

各杭の基盤面判定結果から全杭の基盤面判定深度と設計基盤深度の関係にまとめたものを図-15 に示す。

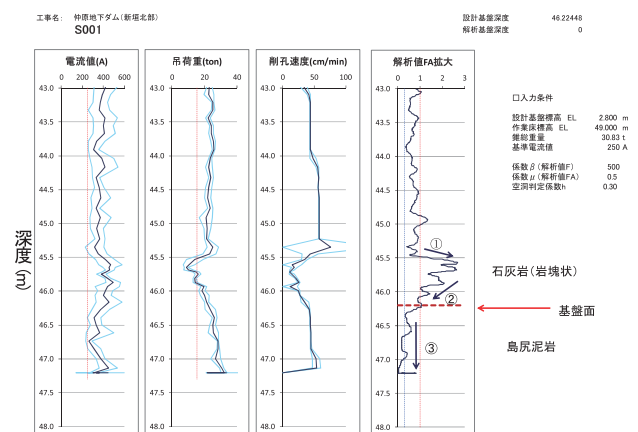


図-14 先行削孔 基盤面付近のデータ傾向 (S-1)

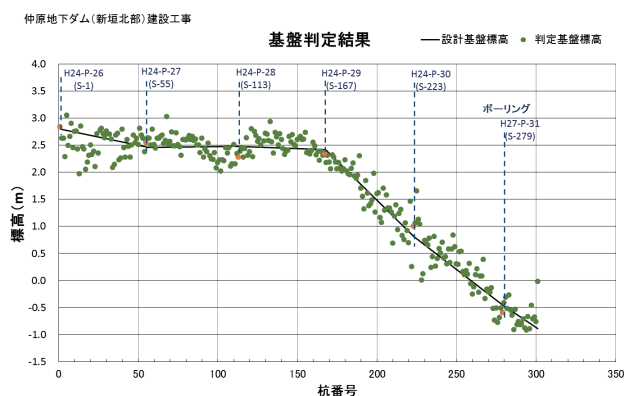


図-15 先行削孔 基盤面判定結果

### 6-3 ポンプ注入圧力による基盤確認

本工事では、SMW 削孔データによる基盤面判定に加えて、プラントのスラリーポンプ注入圧の変化傾向からも基盤の判定を行った。図-16 にポンプ注入圧の測定例を FA 値と対比して示す。石灰岩区間では注入圧は 2.0 MPa 前後なのに対して、泥岩層に入ると透水性が低いので注入圧は徐々に上昇し、根入れ部では 4.0 MPa 以上に急増する傾向が確認された。このように削孔データと注入圧の両方の基盤面判定確認をすることにより、総合的に基盤判定を行うことができ、判定の信頼性を確認できた。

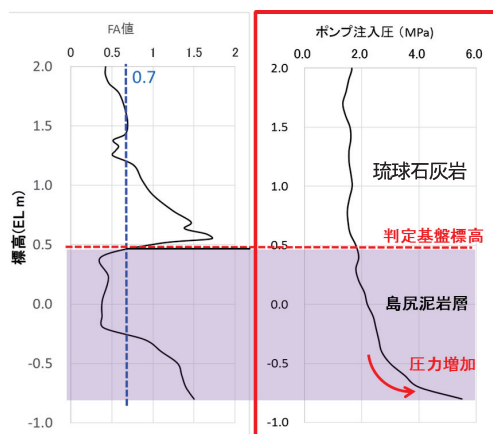


図-16 基盤システムのデータとポンプ注入圧

### 6-4 基盤面の判定検討結果のまとめ

先行削孔データのうち基盤面付近における主に FA 値の変化傾向から基盤面（石灰岩層と泥岩層との境界面）深度の位置を評価推定した。

その結果、図-15 に示すとおり、基盤面の推定深度は多少ばらつきがあるものの設計基盤線に対して概ね ±50 cm 程度の範囲の位置であることが推定される。その結果、不透水層である基盤層への根入れが確認できた。このことから泥岩を基盤層とする地下ダム工事においても、削孔データの動向を確認判定することにより、基盤面評価を行うことは可能である。

## §7. 出来形管理システムについて

地下ダム工事では、止水壁の連続性を確保するため、削孔時の偏心量（孔曲り）を確実に把握することが重要である。また、記録を情報共有して分かりやすく残すことも重要であると考えられる。そこで本工事においては、挿入式の傾斜計により杭の鉛直精度を管理するとともに、3D 出来形管理システムを用いて施工直後に杭形状を視覚的に確認し、管理した。施工直後に視覚的に確認することで、孔曲りが発生した場合の対策を迅速に検討できる。以下に、開発した 3D 可視化管理および出来形システムについて述べる。

### 7-1 3D 可視化管理について

地下ダムの場合、硬質の石灰岩において長尺で施工するため削孔途中で偏心傾斜を生じて、三軸削孔施工時にラップ長（5 cm）以上確保出来ず、調整杭の施工が必要となる場合がある。その際、現状の三軸削孔杭形状と発生原因を追究するために 3D 出来形図を作成するプログラムを作成した（図-17 参照）。また、図-18 に示すようにいろいろな角度から杭の形状を確認することができるので、施工杭の現状把握を迅速に行うことが出来た。

また、これらの図面を施工管理に活用し、調整杭の発生抑制に努めることができた。

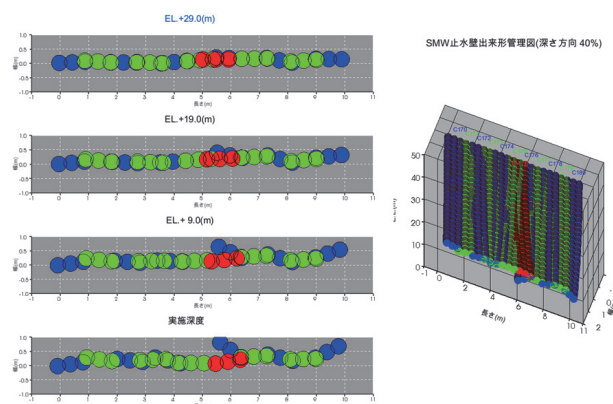


図-17 三軸削孔杭 3D 出来形図（11 回施工分）

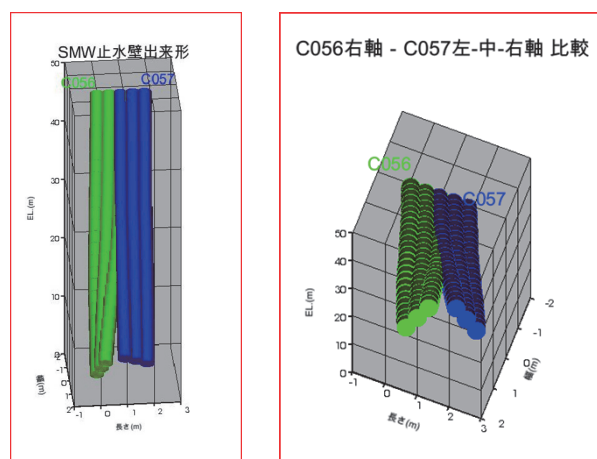


図-18 三軸削孔杭 3D 出来形図（2 回施工分）

## 7-2 出来形図作成プログラムについて

三軸削孔および調整杭は出来形図を作成し提出するよう仕様書に記載されている。汎用 CAD ソフトではこれらの出来形図を作成するのに多大な時間と労力を費やすことになるが、簡易作成プログラムを使用することによりわずかな時間で簡易に汎用 CAD 図面を作成することが出来るようにした（図-19 参照）。汎用 CAD ソフトだと誰でも操作が簡単に出来るためチェックボーリングや調整杭の情報追記も簡単に出来るメリットがある。

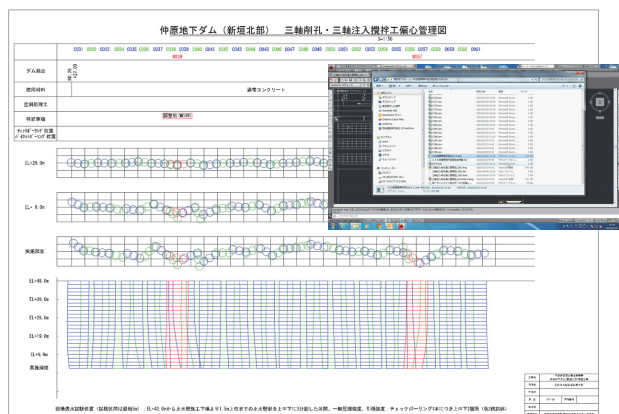


図-19 出来形図作成プログラム

## §8. まとめ

宮古島の仲原地下ダム（新垣北部）建設工事では、石灰岩層における空洞・軟質部の確認、基盤層の確認、鉛直精度の管理が重要であるため、①『空洞判定機能』を

追加した「SMW 削孔データ基盤確認システム」の適用、②ボアホールカメラによる空洞追加調査、③傾斜計による杭の鉛直精度管理および3D 出来形管理により、調整杭の発生抑制および止水壁の連続性確保に努めた。

その結果、削孔データから空洞・軟質部の可能性のある箇所を抽出でき、対策の要否の検討を事前に行えるなどリスク管理に役立った。またボアホールカメラによる調査も加えることにより、判定結果を検証できた。また泥岩の基盤層に対しても削孔データ基盤確認システムが適用できることを確認できた。

3D 出来形管理を用いた鉛直精度管理は、出来形管理の品質確保、効率化に有効であった。

これらの技術の適用により、本工区の止水壁の築造工事を無事終えることができた。今後、より精度向上、効率的なシステム、技術となるよう、さらにブラッシュアップを図っていきたい。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導、ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 平野享・佐藤靖彦・中松宇大・羽山里志・宮川誠：SMW 掘削データを用いた地下ダム基盤確認システムの開発，土木学会第 67 回年次学術講演会，第 VI 部門，pp.561-562，2012.9.
- 2) 佐藤靖彦・平野享・中松宇大・羽山里志・宮川誠：SMW 掘削データを用いた琉球石灰岩層の地下ダム基盤確認について，H24 農業農村工学会大会講演会講演要講集，pp.672-673，2012.