

地下ダム遮水壁構築時における基盤層判別手法の検討

日大生産工(院) ○大村 啓介 日大生産工 渡部 正

1 まえがき

地下ダムは、図1に示すように遮水壁（地中連続壁）を構築することで海に流出する地下水の流れをせき止め、地盤の隙間に水を貯留させるものである。このため、地下ダムの地下水貯留の性能を満足するためには遮水壁を帯水層下部の基盤（不透水）層まで確実に着底させ壁の止水性能を確保することが重要となる。

基盤層の上端深度は、設計時にボーリング調査によりコア採取を行い、これに基づいて設計深度を確定させる。しかし、ボーリング調査は調査地点のみの情報であり、ダム軸方向に連続的に基盤層上端深度を把握することができない。このため、ボーリング調査地点間で地層の大きな変化が存在している場合には、これを捉えること難しい。そこで写真1に示すように、地盤改良機での削孔完了後にオーガーを引き抜き、オーガー刃先に付着した不透水層の土塊を目視確認することで、着底管理を行っている。この手法によると、目視による確実性はあるものの、削孔施工中に不透水層へ到達したか否かを判断し辛く、不透水層上端の深度を把握できないため、根入れ長の管理が行えないという課題があった。

一般的に、オーガー掘削機の着底管理方法として、掘削速度を一定に保ちながらオーガー減速機の負荷電流値をモニタリングすることによる管理¹⁾が行われている。しかし本検討を行った宮古島のように、上層部に位置する帯水層が硬質な場合は、不透水層を判定することができない²⁾ことが知られている。

そこで筆者らは、宮古島での地下ダム遮水壁構築に使用する地盤改良機に計測器を取り付け、施工中に得られるデータから基盤層を判断する手法について検討を行った。

2 遮水壁の施工方法

施工箇所の地質は、地表には島尻マージと呼ばれる表土が存在し、この下層に帯水層である琉球石灰岩が厚く堆積しており、その下部に基

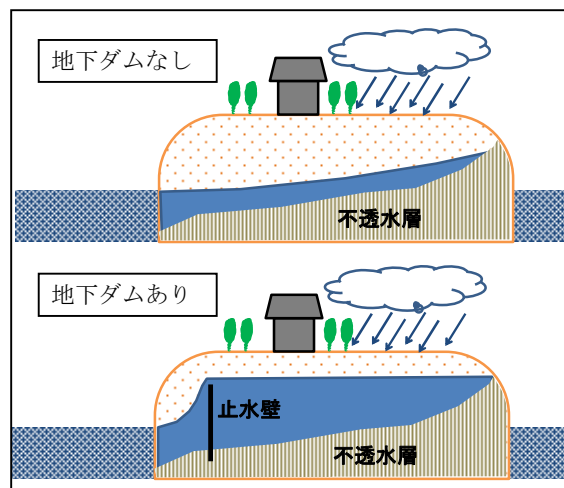


図1 地下ダムの概要



写真1 基盤層土塊の付着確認

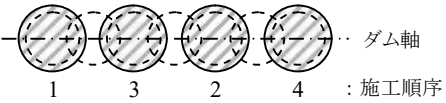
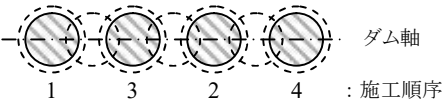
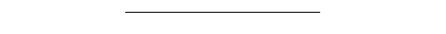
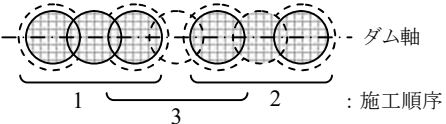


写真2 SMW工法による遮水壁施工

Examination of Method for Determining Base Layer in Construction of Underground Dam Water-blocking Wall

Keisuke OMURA and Tadashi WATANABE

表1 SMW 工法での遮水壁構築方法

施工手順	内 容	施工順序
1. ケーシング削孔	先行削孔の鉛直精度向上や硬質地盤での削孔負荷軽減、ダム天端以浅のセメント液混入による透水性低下の防止を目的とし、作業床から20mの深さまで削孔・排土を行う。 削孔は、 $\phi 710\text{mm}$ のケーシングと $\phi 600\text{mm}$ の単軸オーガーを使用して行う。	 ダム軸 1 3 2 4 : 施工順序
2. 先行削孔	三軸削孔の鉛直精度確保と硬質地盤での削孔負荷低減を目的とし、20m貫入したケーシングをガイドとして、 $\phi 600\text{mm}$ の単軸オーガーで深さ20mから設計深度まで削孔注入液を吐出しながら削孔を行う。	 ダム軸 1 3 2 4 : 施工順序
3. 三軸切崩し	$\phi 550\text{mm}$ の三軸オーガーに切替え、天端コンクリート下端まで注入液を使用せず、ケーシング削孔で残った地山を切崩す。	 ダム軸
4. 三軸（削孔・注入）	三軸オーガー $\phi 550\text{mm}$ を使用して、1セットおきに削孔液を注入しながら設計深度まで削孔し、固化液を注入しながら引き上げ、止水壁を構築する。	 ダム軸 1 3 2 4 : 施工順序

盤層である島尻層群泥岩が分布している。

遮水壁の構築方法は、透水性の良い琉球石灰岩層から基盤層である島尻層群泥岩まで、SMW工法により地盤を掘削しながらセメント系固化剤と混練して、ソイルセメントの連続した壁を構築する（写真2）。表1に遮水壁施工手順を示す。ケーシング削孔を900 mm間隔でGL-20 mまで行い、それ以深を単軸オーガーで先行削孔した後、 $\phi 550\text{ mm}$ の三軸オーガーにより残った地山の一部を切り崩しながらセメント系固化剤注入および攪拌を所定の深度まで行い、止水壁を構築する。

3 検討方法

3. 1 計測装置

地盤改良機のリーダー上部に吊荷重を測定するロードセル、リーダー下部に掘削深度を測定するロータリーエンコーダー、オーガー減速機の動力盤に負荷電流を測定する電流計を取り付け、1秒毎に計測した。

3. 2 判定手法

先行削孔時のデータを用いて基盤層の判定を行った。ある杭のデータを用いてデータ処理の手法を説明する。

図2に経過時間と削孔深度の関係を示すが、削孔途中に排土をスムーズにするためなどの理由により、一時的にオーガーを引き上げて再度削孔している。

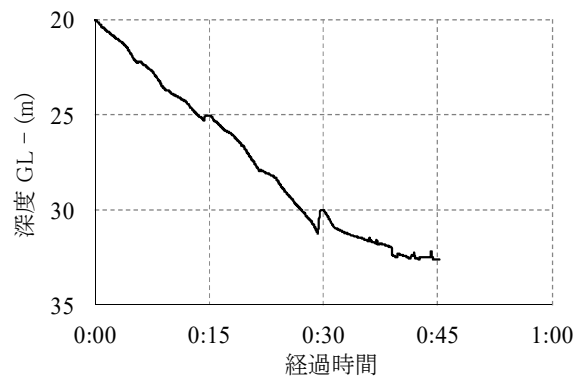


図2 経過時間と削孔深度の関係

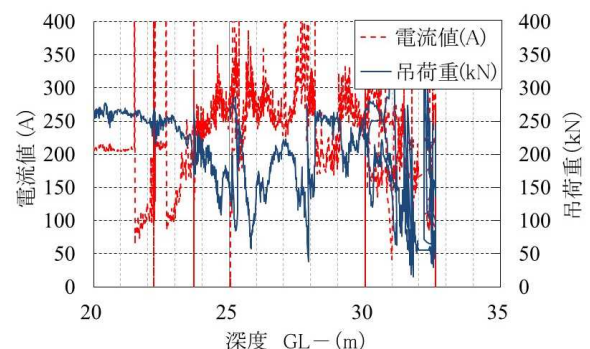


図3 電流値と吊荷重の推移（生データ）

次に計測し加工をしていないデータ(生データ)である減速機の負荷電流値と吊荷重の関係を図3に示す。これには上記の再削孔時のデータが含まれているので、本来の地盤状況を表すデータとは言えないため、深度が重複しているデータを除外し、オーガーが地盤に最初に接触したデータのみを抽出(トリミング処理)した。図4にトリミング処理後の削孔深度と減速機の負荷電流値を示すが、突発的に計測値が変化する箇所が多くあり傾向がつかみにくい。そこで、ある一定の区間の平均値を連続してとる移動平均処理により、データを平滑化し傾向を読み取り易くした。図5に移動平均処理後の削孔深度と減速機の負荷電流値および吊荷重の関係を示す。浅い深度では負荷電流値が増加すると吊荷重が減少し、負荷電流値が減少すると吊荷重が増加する負の相関関係がみられるが、図中に示す変化深度以降は、急激に吊荷重が減少するが負荷電流値は上昇しなくなる。

上記の傾向を分かりやすく表すため、図5に示したデータを横軸に減速機の負荷電流値を縦軸に吊荷重として図6にプロットする。識別しやすいように変化点前後で色を分けて表示した。筆者らは変化点以浅を透水性の良い琉球石灰岩層であり、変化点以深が基盤層である島尻層群泥岩と推定した。

このような挙動を示す主な根拠として、以下の2点考えられる。

- ① 島尻層群泥岩は粘土質のため、琉球石灰岩に比べオーガーの刃先が滑りやすく抵抗力が小さく負荷電流値が大きくなる。
- ② 不透水層に貫入したため、削孔液が地盤中に浸透せずに圧力が上昇しオーガーの荷重を分担する。

4 結果

4. 1 A工事での判定結果

A工事での先行削孔全158本中26本の施工データを計測し、基盤層の判定を行った。図7にボーリングデータからの基盤層推定深度と本手法による判定深度を示す。推定深度と比較するとS-36杭において最大0.98 mの差があり、差の標準偏差は0.399 mであったが、概ね同様な深度で判定がおこなわれている。これらの結果より、当該施工区間は推定と同じく基盤層である島尻層群泥岩がほぼ水平に堆積した地層であったと考えられる。本手法による判定深度が、推定深度に対し上下している原因としては以下の2点の可能性が考えられる。

- ① ボーリング得られた深度を直線で結び基盤層を

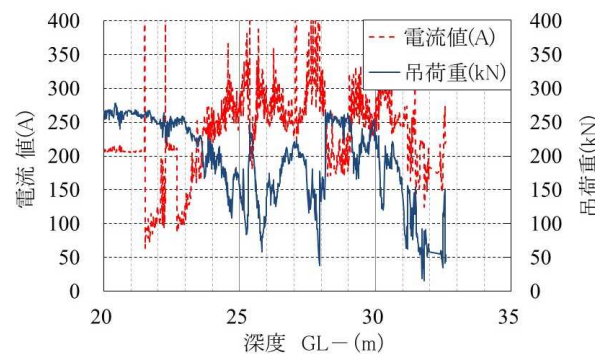


図4 電流値と吊荷重の推移
(トリミング処理後)

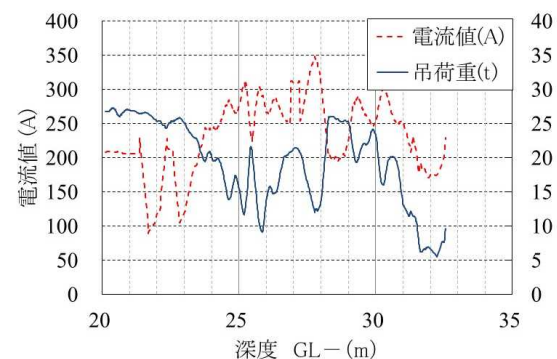


図5 電流値と吊荷重の推移
(トリミング処理+移動平均処理後)

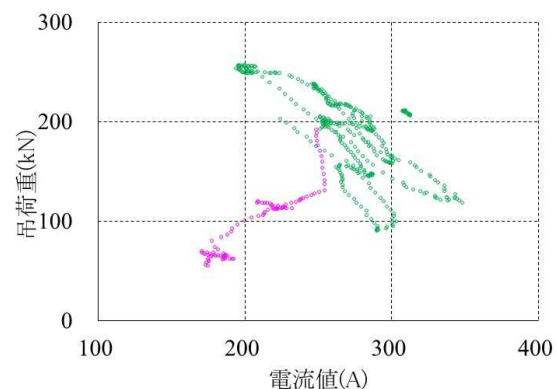


図6 電流値と吊荷重の推移

推定しているが、ボーリング頻度が少なく実際の地盤状況と異なる

- ② 隣接した杭では、後から施工した杭のデータに先行して施工した時に地盤を緩める等により影響を与えている

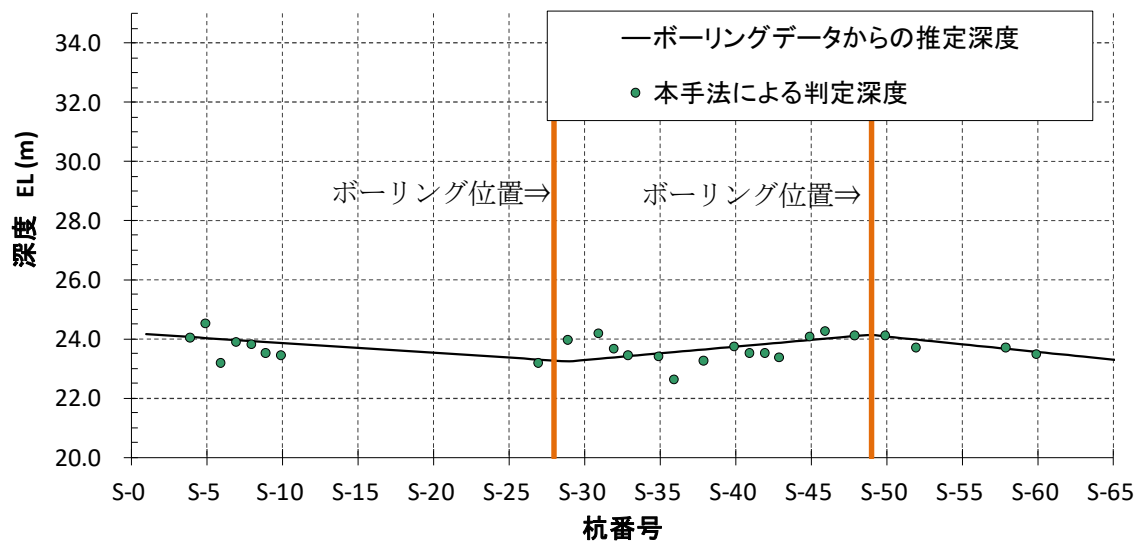


図7 本手法による基盤層判定深度の分布

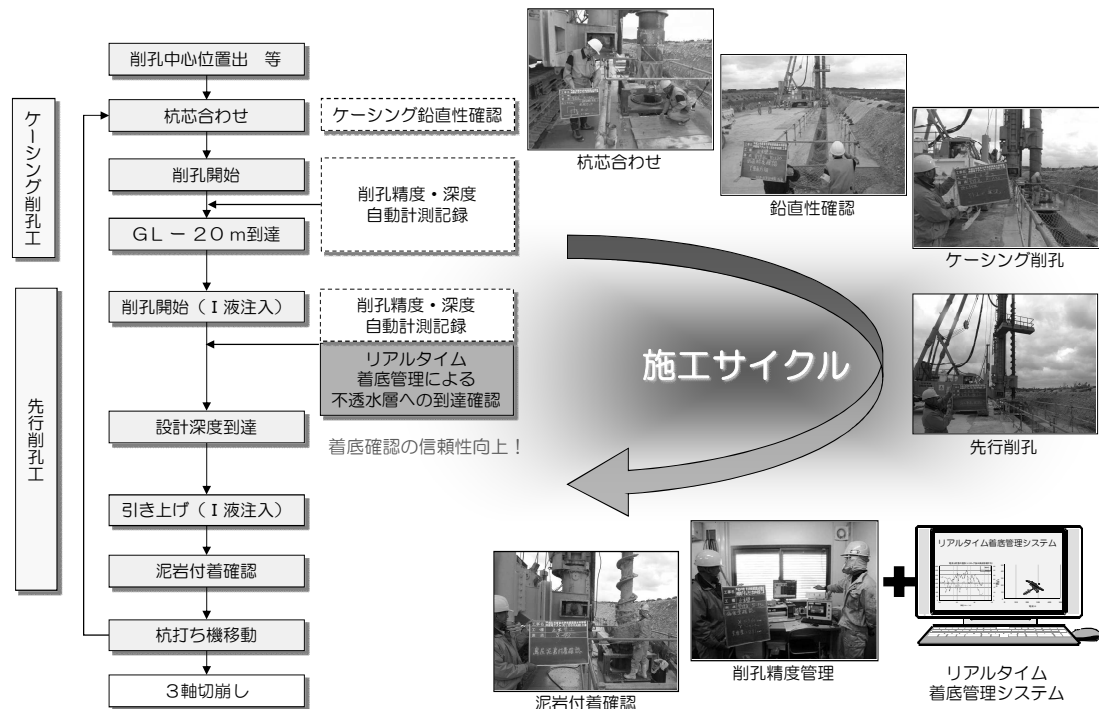


図8 本手法を用いた施工サイクル

5 まとめ

地下ダムの遮水壁をSMW工法にて構築時に、地盤改良機より得られるデータから基盤層を評価する手法を検討した。琉球石灰岩と基盤層である島尻層群泥岩では、吊荷重と負荷電流値の関係が変化する傾向が確認された。

今後の課題として、負荷電流値および吊荷重の関係が変化するメカニズムの解明および実施工でのさらなるデータの蓄積を行い判定精度の向上を図る必要がある。さらにリアルタイムで判定を行うシステムを構築し、図8に示すように施工サイクルの中に組み込み地下ダムの遮水性能向上に繋げていきたい。

「参考文献」

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書，同解説IV 下部構造編（2012）
- 2) 古屋弘、伊藤不二夫、串間正敏、三田地利之：オーガー掘削施工中のリアルタイム地層判定手法の開発，土木学会論文集，No.665（2000）p.19～29
- 3) Blevins, R. D., Flow-Induced Vibration, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York (1990) p. 22.