

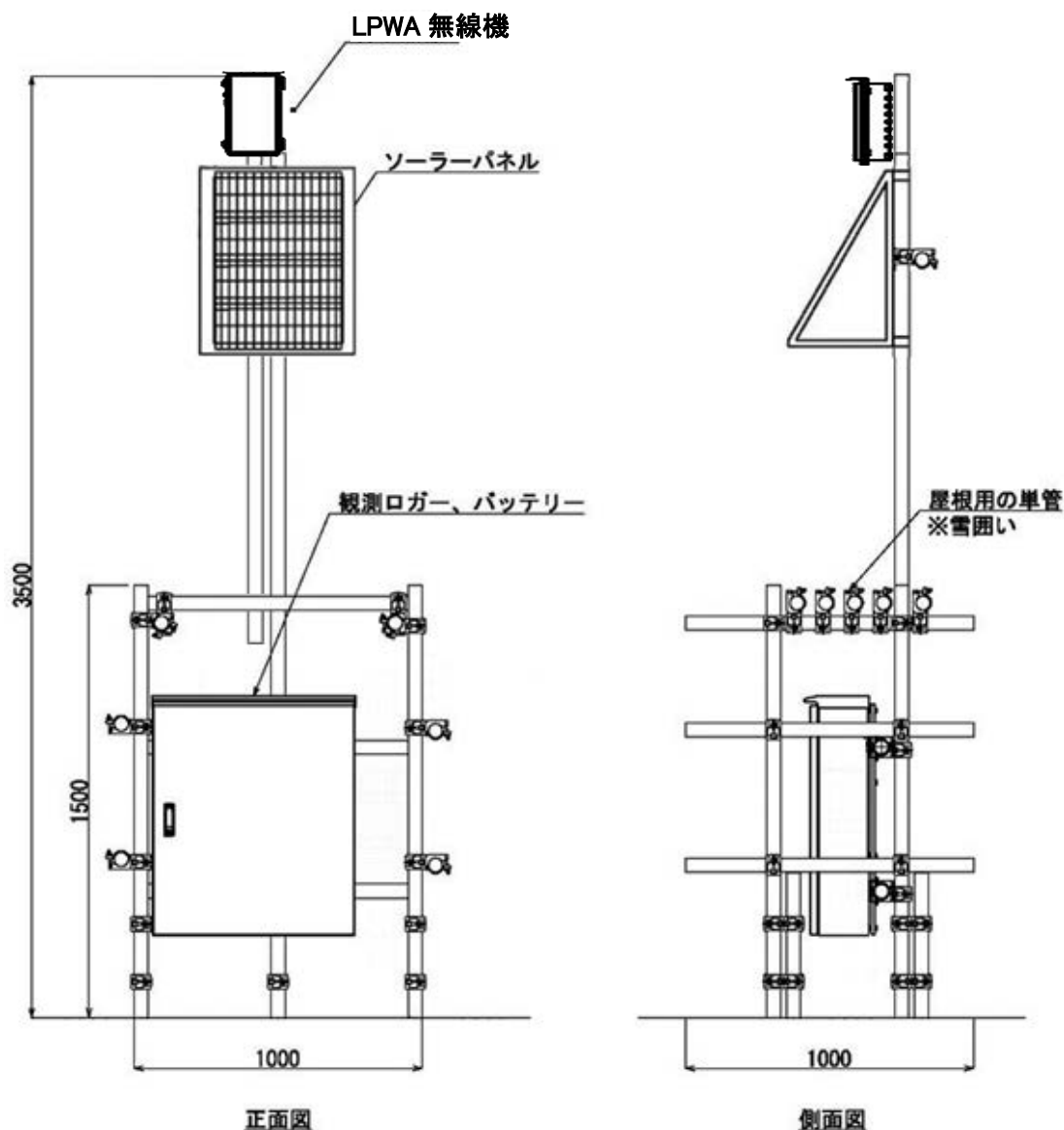


図 1.7.14 施工図（観測やぐら）

追加工事は 2023 年 9 月 11 日から 9 月 13 日にかけて実施した。システム設定の不備により、9 月 15 日から 9 月 26 日にかけて無線通信が停止したり、観測櫓側のバッテリー容量不足により 10 月 21 日から 11 月 1 日にかけて無線通信が停止していたが、上記以外の期間では、7570 回のパケット伝送に対して 7537 回の正常受信を記録しており、通信達成率は 99.6%と、冬季においても高い確率で通信が成立した（2024 年 3 月 27 日時点）。受信不良の場合は、次回のデータ送信時に補間する仕組みとなっており、現在まで欠測は生じていない。

管理事務所にネットワーク回線が引かれている場合は、ダム堤体から管理事務所まで LPWA 通信でデータ伝送し、管理事務所内のネットワーク回線積雪深よりも高い位置にアンテナを設ければ十分な実用性を有すると言える。

また、実証試験では実現できなかったが、事前に日照と疎通確認試験をおこない、最適な観測ポイントを選定しておくことで、管理棟のないため池設備でも LPWA+LTE 通信により遠隔監視が実現可能となる。

2 事業の効果

2. 1 成果の内容

本事業により観測設備のないアースダムやため池に適用可能な削孔技術、水位観測技術を確立することができた。以下に成果をまとめる。

(A) 簡便な水位観測孔の設置技術

- ① 小型軽量の鉛直方向の掘削装置を開発した
- ② 運搬、仮設が容易になった
- ③ 少ない（狭い）スペースで施工できるようになった
- ④ ポリマー系泥水を用いたスライム排除により孔壁崩壊を起こさなかった
- ⑤ 削孔速度はおおよそ 20 分～30 分/m であった
- ⑥ 削孔可能な地質条件を満たす場合は、ため池堤体以外（例えば災害斜面、軟弱地盤等）でも調査観測孔の設置が可能で、その結果は従来工法により設置した場合と遜色ないことが確認できた
- ⑦ 機械ボーリングのオペレータに頼らず運用することができた

(B) 水位観測により堤体水位をリアルタイムで監視する技術

- ① LPWA 通信に対応した水位観測装置を開発した
- ② 堤体内水位をリアルタイムで観測できるようになった
- ③ LPWA は各社各様であるが、中山間部での利用と複数データの送信を考慮すると、長距離伝送が必須である
- ④ アースダムであれば、管理棟内の観測設備でインターネット回線を利用している場所もあり、LPWA で伝送されたデータを乗せることも可能である

2. 2 目標の達成度

(1) 成果から得られる効果

本事業で得られた成果を用いることで、以下のような効果が期待できる

- ① 掘削装置が小型軽量で、分解・再組立可能なため、搬入路や作業スペースが狭小な場所でも掘削が可能
- ② 機械ボーリングに比べて操作手順が少ないため、事前に操作説明を受けることで機械ボーリングのオペレータ以外の作業者が従事可能
- ③ 水位観測装置は独立電源駆動のため、商用電源が使用できない場所でも観測可能
- ④ Eltres、ハイパワーLoRa いずれにも対応しているため、事前の通信確認により LTE も含めた最適な通信手段が選択可能

(2) 従来技術との比較

1) 比較する従来技術

掘削技術については、モノレールによる搬入の機械式ボーリングを従来技術とし、観測技術については手測りを従来技術とした。

2) 従来技術に対する優位性

① 経済性

開発した削孔技術については、観測孔を設置するための削孔費用について比較した(表 2.2.1)。

開発した削孔技術では、大型な足場等の仮設設備が不要であることから、その分の作業費約 36 万円が削減可能である。また、人肩運搬と分解が可能、再組立も容易であり、機械ボーリングでモノレール運搬が必要となる場合は、その架設運搬費約 78 万円を削減することが出来る。

表 2.2.1 機械ボーリング(モノレールあり)との作業費比較(経費除く)

項 目		金額(円)	計(円)
開発した 削孔技術	削孔	283,000	802,000
	水位観測孔設置	403,000	
	人肩運搬	116,000	
機械 ボーリング	削孔	同上	1,933,000
	水位観測孔設置	同上	
	モノレール架設	784,000	
	モノレール運搬	104,000	
	足場仮設	359,000	

観測技術については、観測設備がなく手測りで水位観測をおこなう場合と比較した。

手測りでは初期投資がないが、機材のリース料と作業員人件費が発生する野に対して、自動観測では初期投資が掛かるため短期観測でのメリットはないが、16 か月以上観測する場合は、コストメリットがある。

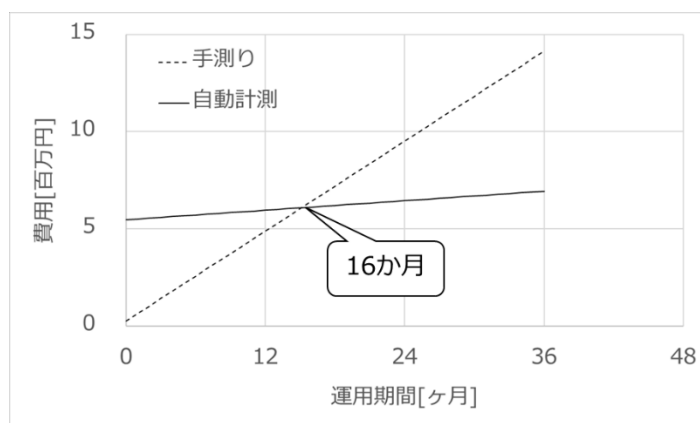


図 2.2.2 水位観測のコスト比較

図 2.2.2 の試算条件は以下に示す。

初期費用

手測り・・・機材費（水位計、測定器 各 1）

自動計測・・・観測機材費、設置工事費

維持管理

手測り・・・出張作業、データ整理費（約 40 万円／回）

自動計測・・・通信費、クラウド利用料（約 4 万円／月）

観測孔数：4、毎月データ回収

② 工程

開発した削孔技術はモノレール敷設や大型な足場等が不要になるため、全体工程は従来の約 46％に短縮が可能となる（表 2.2.2）。

表 2.2.2 開発した削孔技術の作業率

項目	全体	モノレール	搬入仮設	掘削
A	57.1%	なし	50.0%	75.0%
B	45.8%	あり	38.9%	33.3%
C	54.5%	なし	64.3%	37.5%
D	33.3%	あり	31.3%	37.5%
E	43.8%	なし	62.5%	25.0%
F	40.0%	あり	35.0%	50.0%
平均	45.8%	－	47.0%	43.1%

機械ボーリングの作業を1とした場合の割合

また、開発した観測技術は、観測設備の常設が必要なため短期的には従来の手測りに比べて設置工数が掛かるが、その後は現地を訪れずにデータ回収可能となる。

③ 品質

開発した削孔技術は従来と同等の掘削品質を有する。

開発した観測技術は水位計を常設するため、観測孔内を乱すことがない。

④ 安全性

開発した削孔技術は、足場や櫓を必要としないため、転落や落下物による事故のリスクを軽減することが出来る。

開発した観測装置は DC12V 駆動で、内部に保護回路が搭載されているためショートなどが生じても焼損する前に動作を停止する。

⑤ 施工性

開発した削孔装置は小型軽量で運搬・仮設も容易であり、従来の機械式ボーリングに比べて搬入から掘削・撤収までの施工性は優れる。事前に操作説明を受ける必要があるが、機械ボーリングに比べて操作手順が少ないため、オペレータへの技量依存度が低い。

開発した観測装置は日照や通信環境の調査が必要であり、機器設置もおこなうため、手測りに比べて劣る。

⑥ 周辺環境への影響

開発した掘削装置は機械ボーリングに比べて騒音レベルは小さく、作業スペースも小さく伐採等による環境負荷は限定的である。

開発した観測装置の無線通信はスマートホンなどとの通信干渉はない。

表 2.2.1 新技術と従来技術の比較

	新技術	比較する従来技術
経済性	削孔技術：80 万円 観測技術：16 か月以上で低コスト	削孔技術：193 万円 観測技術：毎月の観測作業が発生
工程	削孔技術：従来技術より 46%短縮 観測技術：設置時のみ発生	削孔技術：一般的な技術 観測技術：毎月の観測作業が必要
品質	削孔技術：従来技術と同等 観測技術：作業者への依存性なし	削孔技術：一般的な技術 観測技術：作業者に依存する可能性あり
安全性	削孔技術：転落，落下物による事故のリスクを軽減 観測技術：遠隔地から確認可能なため安全	削孔技術：一般的な技術 観測技術：回収のたびに移動，運搬が生じる
施工性	削孔技術：人肩運搬可能，省スペース（1.5m×2.0m）で 櫓必要なし 観測技術：事前の環境調査，機材設置作業が発生	削孔技術：モノレール等の小運搬，大規模な足場，櫓が必要 観測技術：常設機材不要
周辺県境への影響	削孔技術：騒音，伐採の軽減 観測技術：従来技術と同等	削孔技術：一般的な技術 観測技術：環境への負荷なし

2. 3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

(1) 適応範囲

掘削装置の削孔可能な地質は、ため池堤体材料で多く使用されている礫混り土（条件は N 値<14、礫径 φ50 mm以下、礫種は泥岩、凝灰岩、シルト岩）のほか、粘性土、砂質土（N 値 7～18）であった。N 値 4 以下の砂や礫については、今後検証が必要である。

観測装置は南向きに開けていて日照が確保できる場所であることに加えて、LTE 電波圏内もしくは Eltres 基地局まで直接通信ができる場所が理想である。日照は必須であるが、通信に関しては付近にインターネット回線が引かれた設備があり、その回線が利用可能であれば、その設備までの LPWA 通信網を構築することで適用可能となる。

(2) 留意点

観測孔の設置深度が削孔深度までに達しないことがあった。ロッド引抜き後から観測孔挿入に至るまでに、スライムの沈降もしくは孔壁崩壊による土砂が孔底に堆積した可能性が高い。

観測装置は独立電源駆動であるため、事前の日照確認・通信可否確認をおこない、観

測設備の設置位置とセンサケーブルの配線ルートを計画する必要がある。

プライベート LoRa を使用する場合は 20mW を超える高出力のため、陸上移動局の免許登録が必要である。

3 普及活動計画

3. 1 想定される利用者

施設管理者 (地方農政局、自治体)

3. 2 利用者への普及啓発等の方法

2024年度から製品化

学協会誌への論文投稿

実用新技術講習会での紹介

自治体主催の新技術、新工法説明会での紹介

3. 3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

技術資料・積算資料作成

3. 4 特許・実用新案等の申請予定

掘削技術は実用新案申請予定

4 研究統括者による自己評価

審査の ポイント	着眼点	申請時 計画目標 ^{注1}	自己評価 ^{注2}	自己評価 の理由 ^{注3}
目標の 達成度	・効果 (従来技術に 対する優位性)	・低コスト, 短時 間で施工可能, オペレータの技 量依 存 度 が 低 い。 ・16 か月以上の 観測でコスト優	A ; 優れている B : 概ね妥当 C : 不十分	省スペース, 短期で運 搬, 仮設, 施工が可能、 かつ長期運用で観測 コストの低減は計画 通り。
	・信頼性 (品質、精度、安 全性、耐久性 等)	・観測孔の設置 ・観測機材の設 置, 運用	A ; 優れている B : 概ね妥当 C : 不十分	観測孔は従来同等、観 測データは高信頼。 LPWA も導入。
	・適用範囲・適 用条件等	・ため池堤体で の掘削, 観測孔, 観測機材の設置	A ; 広範囲に適用 B : 概ね妥当 C : 限定的	・ため池堤体の他, 粘 性土, 砂質でも適応可 能であった。
普及の 可能性	・想定される利 用者への普及 啓発の方法	・学会誌等への 新技術の発表 ・HP などのネッ ト活用	A ; 十分な利用 が見込まれる B : 概ね妥当 C : 限定的	・低コストで高信頼の 削孔, 観測技術である ことをアピール
	・利用者に対す るサポート体制 (設計・積算・施 工等 の 参 考 資 料、技術窓口等)	・調査の手引き 及びマニュアル の整備	A ; 十分に整備さ れている B : 概ね妥当 C : 改善が必要	・施工手順が少ないた め, 短時間で施工方法 を習得できる。
総合コメ ント ^{注4}	当初計画目標を概ね達成し、技術の確立ができた。ただし浸潤線観測は現地状況により不達成だった。今後は、削孔装置および通信手段の適用範囲拡大を図る予定である。			

注1) 成果報告書に記載の研究開発目標を記載する。

注2) 評価結果欄はA・B・Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入(○付け)する。

注3) 自己評価の理由を記載する。

注4) 総合的なコメントを記載する。

5 今後の課題及び改善方針

(1) 適応土質の精査

削孔技術は試掘を続け、削孔可能な地質条件の精度を上げる。

(2) 掘削後のスライム沈降など

スライム沈降区間を設ける予掘りの実施、スライムの排出を確実にするためのコアチューブの改良及び手法を確立する。

(3) 通信手段の改善

LPWA は設置位置や借地など制約がある。

NTN など発展途上にある通信技術の適用を図り、適用範囲を拡大する。