

送信用ケーブルを必要としないワイヤレス間隙水圧計の開発 Development of a Wireless Pore Pressure Transducer without Sender Cable

林田 洋一、浅野 勇、向後 雄二
Yoichi Hayashida, Isamu Asano, Yuji Kohgo

1. はじめに

フィルダム堤体内には、施工時および完成後におけるダム堤体の安全性を確認するために、間隙水圧計、土圧計など多数の埋設計器が設置されている。従来用いられている埋設計器には信号送信用のケーブルが付属しており、次のような問題点が挙げられている。(1) ケーブルトレンチが水道になる可能性がある、(2) 計器設置時の施工を煩雑にする、(3) ケーブルにコストがかかる、(4) 雷サージにより機器が故障する。

我々は、これらケーブル付き埋設計器が有する問題を解決するため、送信ケーブルを必要としない埋設計器の開発を行っている。ここでは、低周波電磁波を用いることで土中と地表面間のデータ通信を可能としたワイヤレス間隙水圧計について報告する。

2. ワイヤレス間隙水圧計

ワイヤレス間隙水圧計の大きな特徴は、AM ラジオなどに用いられる放送電波(1MHz 程度)に比べかなり低い周波数の電磁波(8.5kHz)を用いて通信を行うことである。一般に、電磁波の発生源から測定地点までの距離を r とすると、放送電波のような高周波電磁波の場合、電磁波の強さが $1/r$ に比例するのに対し、低周波電磁波の場合、その強さは $1/r^3$ に比例する。また、低周波電磁波は、高周波電磁波と比較すると、媒質の伝導率および誘電率による影響が少ないという特徴を有している。これらのことから、低周波電磁波を用いれば、比較的近距离ならば、導電率が大きな土中や水中においても電磁波が減衰せず、通信を行うことが可能となる。

ワイヤレス間隙水圧計の外形、および内部構造を図-1、2 に示す。



図-1 ワイヤレス間隙水圧計外形

Aspect of wireless pore pressure transducer.

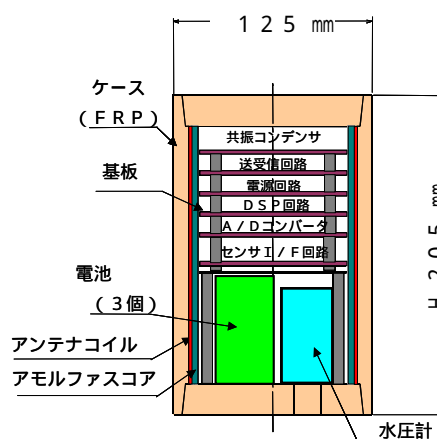


図-2 ワイヤレス間隙水圧計内部構造

Internal mechanics of wireless pore pressure transducer.

ワイヤレス間隙水圧計は、筐体、基盤、リチウム電池、アンテナコイル、間隙水圧計からなる。小型化を図るため、基盤を小型化し、送受信アンテナを1つにまとめている。このため、外形寸法は 125mm × H205mm となった。また、計測期間の延長を図るため、基盤部を省電力化し、高エネルギー密度のリチウム電池を使用している。本間隙水圧計の電池容量は、測定頻度 1 回/日、通信頻度 1 回/週での計測仕様を想定した場合、10 年間計測可能なものであることが促進放電試験により確認されている。

ワイヤレス間隙水圧計の通信概念図を図-3 に示す。

3. ロックフィルダムにおける実証試験

実際のフィルダム現場における施工性および計測安定性を確かめるために、東京電力(株)が施工中の南相木ダムに、ワイヤレス間隙水圧計のプロトタイプ(間隙水圧計が外づけのもの)を設置した。

設置位置は、設置後直ちに過剰間隙水圧の測定が可能なコアゾーンと、運用開始後の水位変動による水圧変化を測定可能な上流側ロックゾーンとした。また、設置標高は、堤体盛立完了後の送受信距離が 35m となる標高とした。設置位置の概略と設置状況を図-4 に示す。設置に当たっては、予め締固められた既設盛土をコア抜きし、筐体を挿入して設置するコア抜き法を開発した。コア抜き法は筐体を傾けることなく堤体に設置できる。このため、筐体の傾斜に起因する通信性能の低下を防ぐことができた。また、設置時間も従来の方法に比べおおむね半分以下となり、施工性も良好であることが確認された。

ワイヤレス間隙水圧計による間隙水圧の測定結果を図-5 に示す。なお、現在の計測頻度は 1 回/日、送受信可能時間は週 2 回に設定されている。現在までのところ、データの送受信は、順調に行われている。図-5 に示されたコアゾーンでの計測結果より、上載土中重量の増加による過剰間隙水圧の増加が観測されていることがわかる。また、この結果は、隣接して埋設している従来型の間隙水圧計の結果とほぼ一致するものであった。

本報告は、(独)農業工学研究所が、官民連携新技術研究開発組合(坂田電気株式会社、東京電力株式会社)と実施する共同研究における成果の一部である。

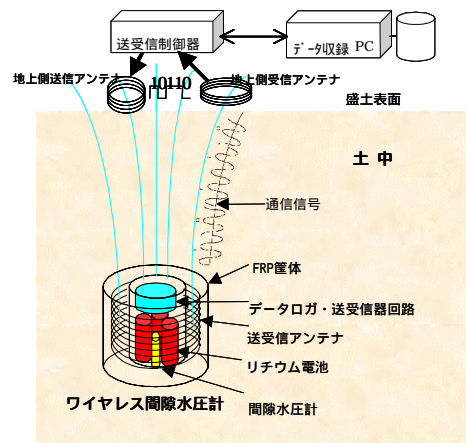


図-3 ワイヤレス間隙水圧計の通信概念図

Communication concept of wireless pore pressure transducer.

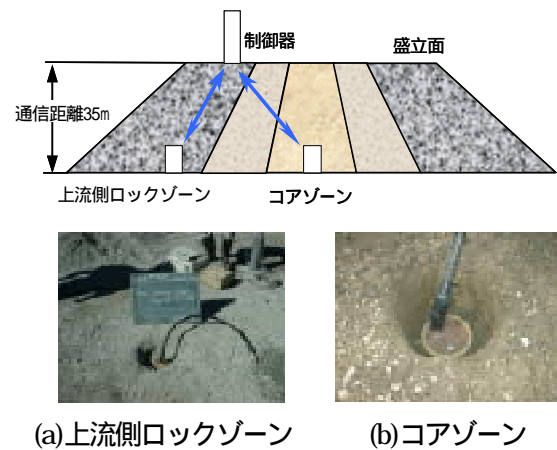


図-4 設置位置の概略と設置状況

Setting position and condition of proto-type wireless pore pressure transducer.

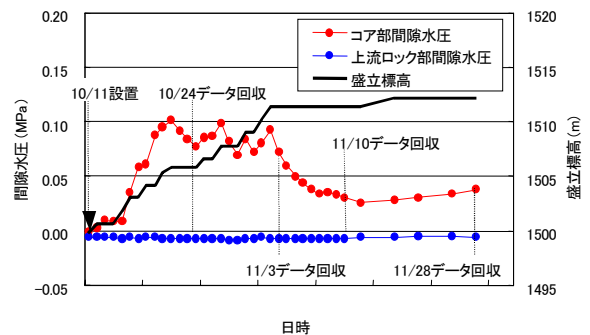


図-5 ワイヤレス間隙水圧計による測定結果

Results of measuring by wireless pore pressure transducer.