ダム工学会　第 14 回研究発表会講演集　p.31－33

ワイヤレス間隙水圧計の開発

Development of a Wireless Pore Pressure Transducer

○浅野 勇*　向後 雄二**　高橋 章***　遠目塚 良一****

1. はじめに

埋設計器は，土中構造物にとって本来異物である．特に，土中で長く線状に伸びたケーブルは，(1) ケーブルトレンチが水みちになる，(2) 施工を煩雑にする，(3) 機器の故障の原因となる，(4) ケーブルにコストがかかる，等の問題がある．このような問題を解決するために，著者らはケーブルを無くしたワイヤレス間隙水圧計の開発を進めてきた [1),2),3)]．今回は，その開発の経緯とフィルダムに対する現場埋設試験結果を報告する．

2. 概要

(1) 従来型間隙水圧計との比較

ワイヤレス間隙水圧計と従来型間隙水圧計の計測システムの比較を図-1に示す．従来型間隙水圧計では計測ケーブルを監査廊まで延長する必要があるのに対し，ワイヤレス間隙水圧計では，地上あるいは監査廊に設置されたデータ送受信装置と無線でデータをやりとするために，ケーブルを省略できる．これがワイヤレス間隙水圧計の最大の特徴である．

(2) 設計仕様及び基本特性試験

ワイヤレス間隙水圧計の設計仕様を表-1 に示す．設計仕様はフィルダムでの計測を想定し決定した．ワイヤレス間隙水圧計がこの設計仕様を満たすかを確認するために，いくつかの基本特性試験を行った．その結果を表-2に示す．表-2から，現在開発中のワイヤレス間隙水圧計は設計仕様をほぼ満足することが分かる．

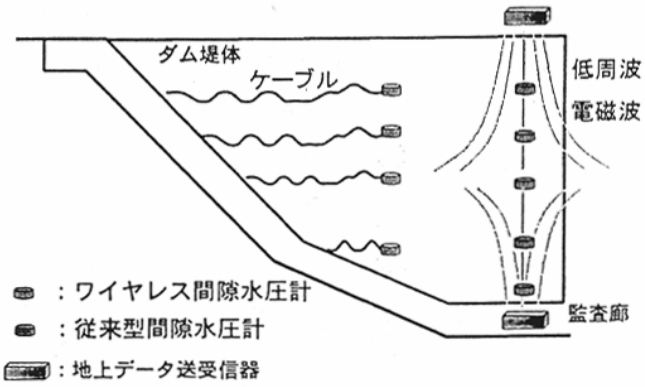

図-1 従来型間隙水圧計との比較

表-1 設計仕様目標

通信周波数	8.5kH
通信可能距離	土中100m以上
外形寸法	φ125×H205mm以下
計測頻度	自動測定　1回/1日
通信頻度	1回/7日+定期送信1回/月
電池寿命	10年以上

表-2 基本特性試験結果

温度特性	-10～+50℃で動作を確認。タイマーの時間ずれは調整範囲内であることを確認。
強度特性	堤高 100m 級のフィルダム中に発生する鉛直荷重の約 2 倍の集中荷重に耐えられることを確認。ただし，載荷点での筐体の破壊に注意する必要がある。
耐水圧性	3MPa の耐水圧性を確認。
電池寿命	6 ヶ月の促進放電試験では 10 年間計測可能な電池容量を確認。
伝送特性	地中 70m，空中 100m の通信距離を確認。ただし，周辺ノイズに注意する必要が有り。

*　(独)農業工学研究所　造構部　構造研究室　主任研究官　**　(独)農業工学研究所　造構部　構造研究室　室長
***　東京電力（株）　建設部　土木･建築技術センター　ダム技術グループ　副長　****　坂田電機(株)　企画室　係長

（3）寸法および内部構造

ワイヤレス間隙水圧計の外形と内部構造を図-2に示す．ワイヤレス間隙水圧計は，①筐体，②基板，③電池，④アンテナコイル，⑤間隙水圧計，から構成される．基板部を小型化し，送受信アンテナを 1 つにまとめ部品数を減らすことにより，全体を小型化した．また，計測期間を延ばすために，基板部を省電力化し，高エネルギー密度のリチウム電池を使用した．筐体には FRP 材料を使用し強度を向上させた．1 台の送受信機で制御が可能なワイヤレス間隙水圧計は 118 台である．

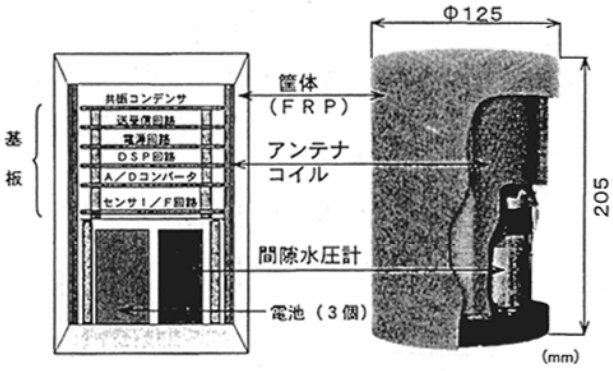

図-2 ワイヤレス間隙水圧計の構造と外形

3．地中通信原理

（1） 低周波電磁波を用いた地中通信原理

ワイヤレス間隙水圧計の通信概念を図-3に示す．この地中通信は，低周波電磁波（8.5kHz）を利用したデジタル通信である点に特徴がある．低周波電磁波は，AM ラジオなどの放送電波（1MHz 程度）に較べかなり低い周波数の電磁波である．この周波数帯の電磁波は，高周波電磁波に較べて信号の距離減衰は大きいが，媒質の導電率及び誘電率による減衰は少ないという特徴を有する．すなわち，比較的近距離であれば，導電率が大きな土中や水中においても電磁波は減衰せず，通信が可能である．ワイヤレス間隙水圧計は，この低周波電磁

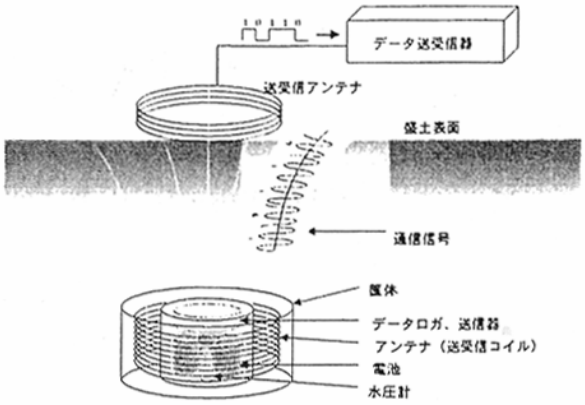

図-3 地中通信の概念図

波の性質を利用し，地中通信を可能にしている．

（2） 通信可能距離

ワイヤレス間隙水圧計による地中通信では，通信距離がある距離以上になると，信号が減衰し，周辺環境ノイズに埋没し，通信が不可能になる．このように，地中通信可能距離は，周辺環境ノイズの大きさに影響を受ける．したがって，現地埋設の際には，あらかじめ地上において，信号の距離減衰特性と環境ノイズの大きさを求める必要がある．このような事前試験を行うことにより，最もノイズの影響を受けにくい場所にデータ送受信機を設置することが可能になり，安定した通信を行うことができる．

4. 現地における埋設方法の検討

ワイヤレス間隙水圧計の通信アンテナコイルは指向性を持つ．安定した通信を行うためには，間隙水圧計の筐体を傾けることなく，できるだけ垂直に設置することが必要である．また，設置に際しては，間隙水圧計に損傷を与えず，短時間で作業が完了する埋設方法が望ましい．このような条件を満たす埋設方法として，図-4に示す従来方法及びコア抜き法を検討した．従来法とは，埋設標高の盛土面に筐体を設置し，周囲を薄層転圧しながら埋設する方法である．コア抜き法とは，盛立面をスクリューポイント等でコア抜きし，コア抜きした孔の中に筐体を

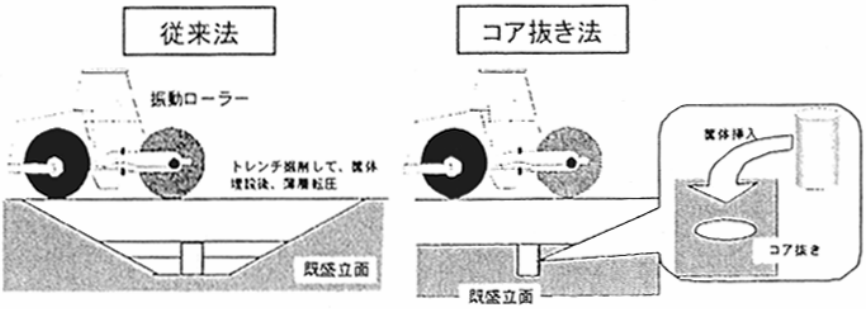

図- 4　従来法とコア抜き法

設置する方法である．適切な埋設方法を決定するために，幅 10m×長さ 15m×高さ 0.9mの盛土フィールドで埋設試験を行った．間隙水圧計の傾きは筐体内に傾斜計を設置し計測した．両埋設方法を比較した結果，コア抜き法が筐体の傾き及び設置時の振動も少なく，作業時間も短時間で済み，埋設方法として優れていることが確認された．

5. 現地埋設実験

（1）実験概要

東京電力(株)が築堤中の南相木ダム（長野県，堤高 136m,ロックフィルダム）で盛土面における埋設試験を 2002 年 11 月 11 日より開始した．3 台のワイヤレス間隙水圧計をコア抜き法により GL.1,500m の盛立面に設置した．設置位置及び設置状況を図- 5 に示す．

（2）試験結果

従来型の埋設計器の設置時間がケーブルの敷設も含め 8 時間以上かかるのに対し，ワイヤレス間隙水圧計の設置時間は約 40 分程度であり，施工時間の大幅な短縮が可能であった．

図-6 は，設置直後の盛土期間中における遮水ゾーンのほぼ同位置に設置された従来型間隙水圧計及びワイヤレス間隙水圧計で計測された値を比較したグラフである．プロット点はほぼ 45 度線上にあり，両者の計測値はほぼ等しい．ダムは，2003 年 9 月に盛土を完了した．盛土完了時におけるワイヤレス間隙水圧計の土被りは約 32mである．2003 年 10 月現在，ワイヤレス間隙水圧計は順調にデータ送受信を行っており，運用状況は良好である．

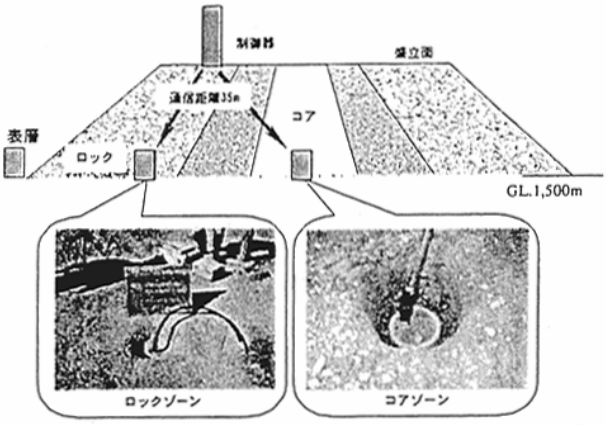

図- 5　盛立面への埋設試験位置及び状況

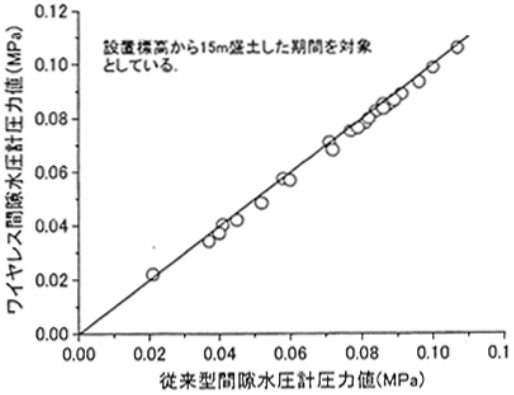

図- 6 従来型間隙水圧計との比較

6．おわりに

本技術は，センサー部分を取り替えることにより各種の物理量（土圧など）の計測が可能であり，広い分野への応用が期待される．

<参考文献>

1)　向後他：ワイヤレス間隙水圧計の開発とフィルダム現場への適用，SDERD, Vol.57, p.7-18, 2003.

2)　浅野他：低周波電磁波を用いたワイヤレス間隙水圧計の開発，第 38 回地盤工学研究発表会，p.1269-1270, 2003.

3)　高橋他：ワイヤレス間隙水圧計のフィルダム現場への適用，第 38 回地盤工学研究発表会，p.1271-1272, 2003.