

研究成果報告書

研究課題名：地中無線通信型ダム用埋設計器の研究開発

研究開発体制：(独法) 農業工学研究所 造構部 構造研究室

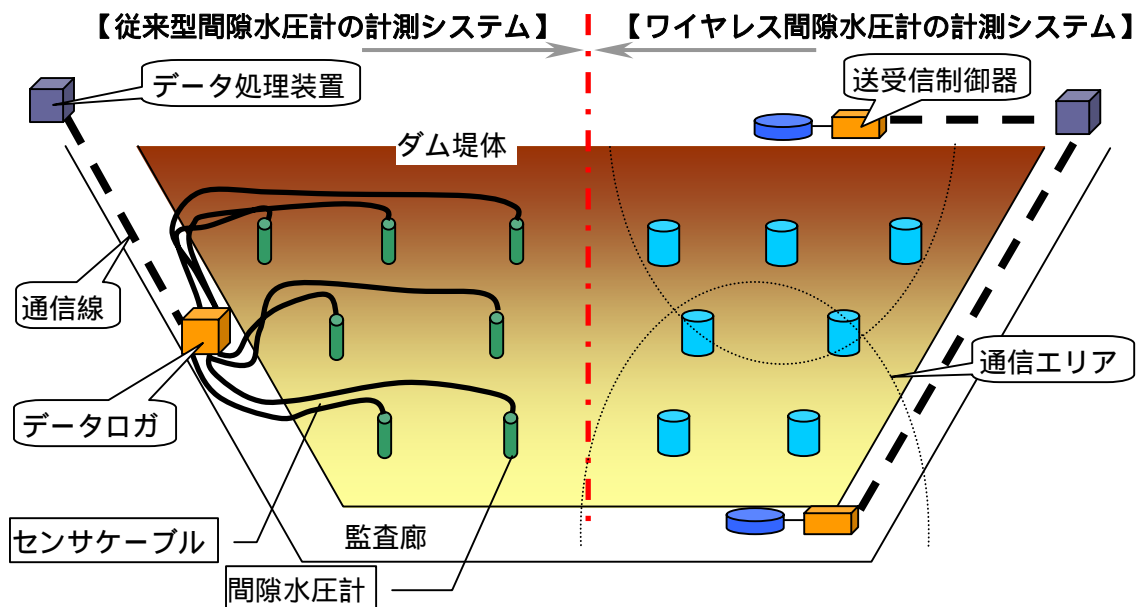
新技術研究開発組合：坂田電機(株), 東京電力(株)

組合代表者名 坂田電機(株) 取締役社長 坂田文男

1. 目的

ダム建設時には堤体の保安監視を目的としてケーブル接続された埋設計器を用いて計測を行っているが、これらは計測の信頼性や堤体の安定性についての問題がある。

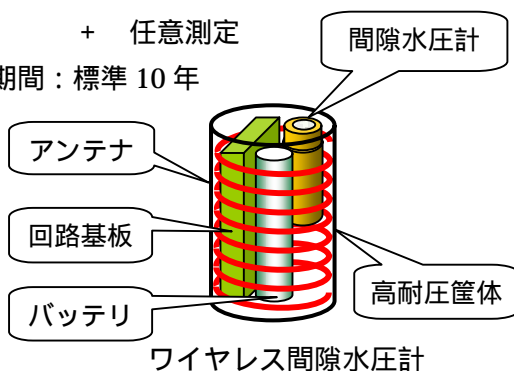
本事業では海底地盤沈下計測で実績のある低周波磁界による無線通信手法を用い、地中-地表間のデータ送受信が可能な小型計器の開発を間隙水圧計を対象として実施することにより、ダムの建設・運用時の安全性確保とコスト縮減に寄与する。



2. 開発目標

ワイヤレス間隙水圧計の開発

- ・外形寸法： 150×200mm 程度
- ・通信距離：土中 100m
- ・測定頻度：標準 1 回/日
+ 任意測定
- ・計測期間：標準 10 年

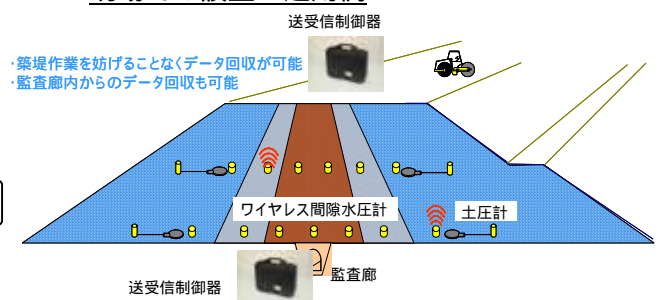


3. 開発した実機

- ・外形寸法： 114mm × 205mm
- ・通信距離：土中 100m

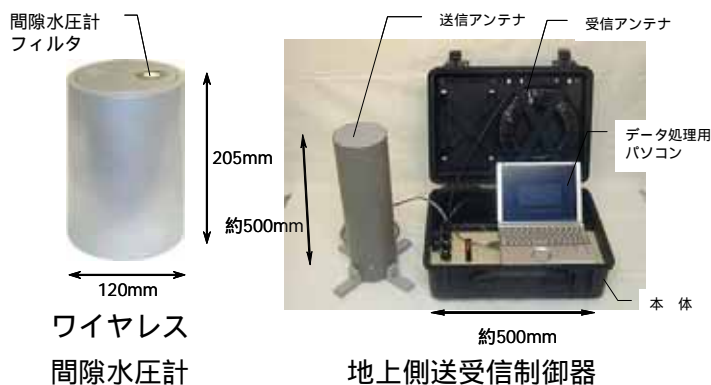


現場での設置・運用例



4. 個別研究開発内容と成果

項目	内容と成果
一体型計器の必要性能の抽出	QC手法(FMEA解析法など)を用いて必要性能を抽出し、信頼性評価項目を決定した。
実機による長期信頼性確認試験	南相木ダムにて現行システムの伝送試験を実施し、堤体盛立に応じた磁界の減衰特性を得た。
周辺条件の影響調査	南相木ダム、中岳ダムおよび既設ダムにてノイズ環境のバラツキ、ノイズ電圧の偏在ならびに土中伝送特性の確認を行い、計器設置方法・運用方法についての知見を得た。
間隙水圧計の構造研究・実験	本体に内蔵可能な小型間隙水圧計を製作し、実用的な性能を有することを確認した。 不飽和土の間隙水圧測定に関する事例研究を実施した。
構成部品、市場技術の調査	構成部品を調査し、電気回路及び筐体の設計を行った。
構成部品の長期信頼性確認試験	採用したリチウム電池の放電加速試験を行い、目標計測期間を満足する性能を有することを確認した。 電気部品の故障率を調査し、機器の平均寿命が計測期間の4倍程度であることを確認した。
ワイヤレス間隙水圧計の開発	実用器を製作した。 (外観・仕様を以下に示す。) 性能・信頼性確認試験により通信距離100m、長期埋設に必要な信頼性を確保していることを確認した。
最適な設置方法の策定	コア抜き法を策定し、中岳ダムにて有効性を調査した結果、作業時間が従来の1/10に短縮され、埋設位置周辺の材料を乱さないことが確認された。
実ダムでの運用テスト	南相木ダムにて号試作器の運用テストを、中岳ダム、小田股ダムにて実用器の運用テストを実施し、通信機能の確認ならびにデータ回収についてのノウハウ蓄積を実施した。 現在も継続して長期信頼性を評価中である。



5. 今後の課題

- ・運用ノウハウを体系付けた標準的な運用マニュアルの策定
- ・各種センサに対応させた「地中無線通信型ダム用埋設計器」群によるフィルダム総合観測システムの構築
- ・各種土木構造物の安全管理を対象とした無線通信型埋設計器への応用

1. 研究の背景と目的

ダム建設に際しては、大きく分けて、 施工中の安全管理や湛水中のダム本体の挙動を監視する保安監視の為と、 堤体の設計へ反映するデータを得る為、 の二つの目的から種々の計測器を用いて計測を行っている。

現状ではこれらの埋設計器と、 監査廊に設置されたロガーや中継箱との間は計測ケーブルで接続されている。この計測ケーブルは、ダム堤体内土中に敷設するため、以下のような問題点を有している。

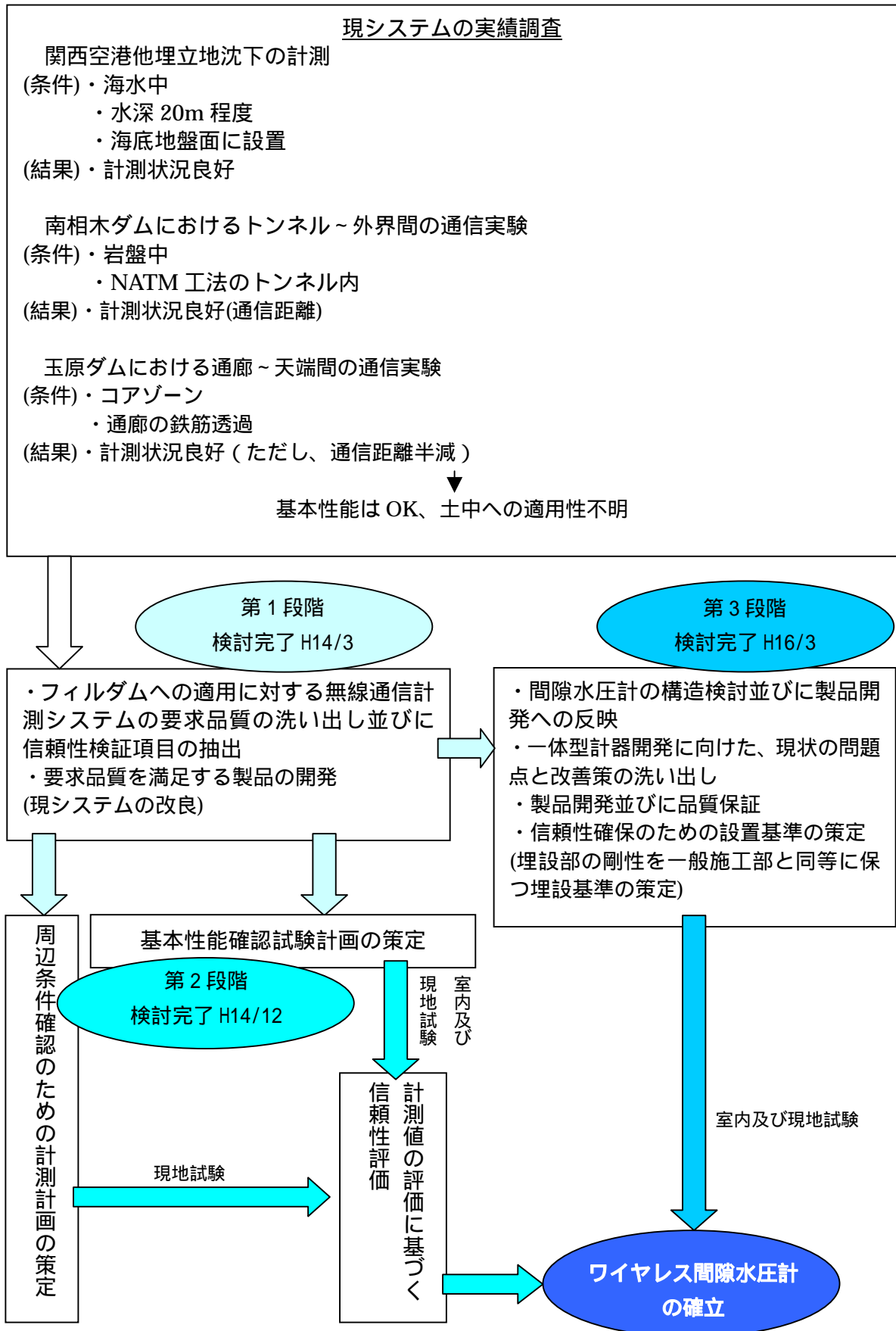
- ・ 絶縁低下、接続部の接触不良によりデータ収録が不可能となる場合がある。
- ・ 堤体の変形に伴って、ケーブルが断線する場合がある。
- ・ ケーブルトレンチが水みちとなる可能性がある。
- ・ ケーブルから誘導雷が侵入する可能性がある。
- ・ 既盛立面をトレンチ掘削し、薄層転圧するため、埋め戻し時間がかかる。
- ・ 通廊内へケーブルを引き込むため、計器設置標高における盛立工事を中断しなくてはならない。
- ・ 施工中の計測データを得るために仮設置工程が生じ、その際のケーブル着脱作業がケーブルの信頼性を低下させる。
- ・ 計測値を収集するために必ずケーブルが必要で、その敷設距離が長い場合はコストがかかる。

このため、ケーブルを省略して埋設計器(検出器)から地上のロガー等に計測データを無線で送受信することを目的として、一体型計器の研究開発を間隙水圧の測定を対象として実施した。

ワイヤレス間隙水圧計が開発されることにより、以下の効果が期待できる。

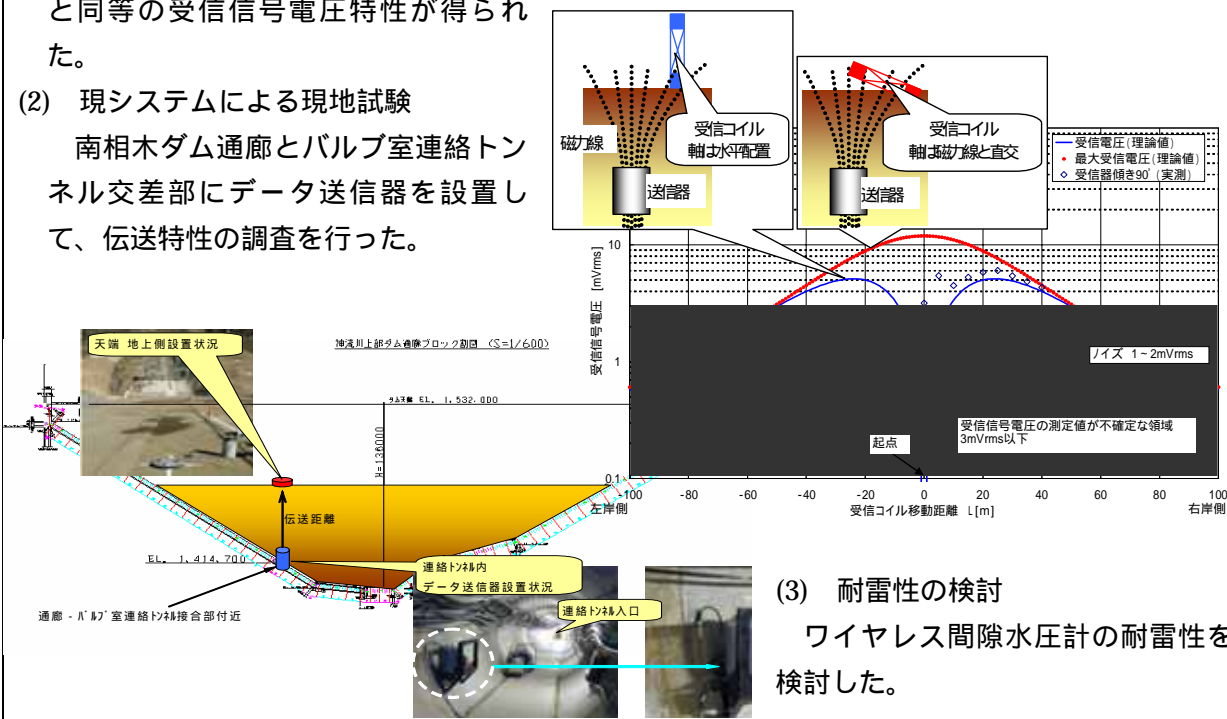
- ・ 計測ケーブルの敷設処理が不要になり、ケーブルを原因とするトラブルが解消される。(ケーブル断線、絶縁低下、誘導雷被害等が無くなる)
- ・ 計測ケーブルの敷設工事が不要となるため、敷設用トレンチ掘削、敷設、埋め戻し等が削減でき、盛立工事への影響が軽減されると共に、製品コスト、敷設コストが削減できる。
- ・ 計測用ケーブルの敷設、監査廊へのケーブル引込み等の削減等により、堤体の水みち形成要因がなくなり、堤体安全性の低下を抑止できる。

2. 研究のながれ

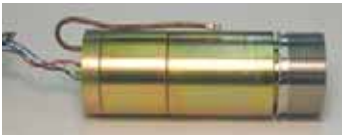
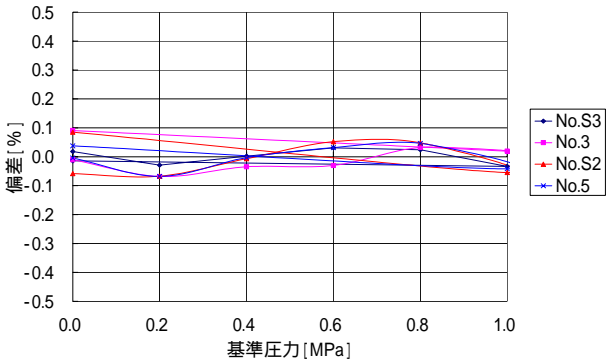
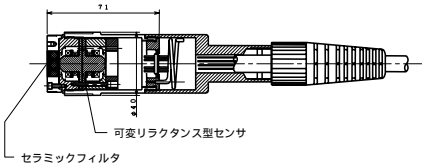
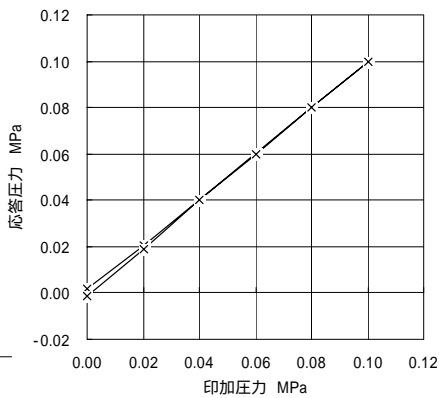


3. 個別研究成果

個別研究テーマ	一体型計器の必要性能の抽出																																																												
実施年度	平成 13 年度																																																												
目的	<p>ワイヤレス間隙水圧計を開発するにあたり、その信頼性を保証するための確認試験項目、並びに新製品開発にあたってのボトルネック技術を抽出し、その結果を基に QC 手法を用いて基本性能確認試験計画を策定する。</p>																																																												
実施内容	<p>基本性能確認試験項目</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試験項目</th> <th>目的</th> <th>試験内容</th> <th>優先度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">室内試験</td> <td>地中送信部耐雷試験</td> <td>雷サージによる電位差に耐えられることの確認</td> <td>なし</td> <td>低</td> </tr> <tr> <td>有線と無線の計測値比較試験</td> <td>無線通信システムが計測値を正確に送受信することの確認</td> <td>間隙水圧計を用いて計測値を無線・有線で送り、結果を比較</td> <td>高</td> </tr> <tr> <td>内蔵タイマの時間ズレ確認</td> <td>内蔵タイマの誤差把握</td> <td>タイマ IC に温度変化を与え、出力値をカウントで計測</td> <td>低</td> </tr> <tr> <td>電池電圧確認</td> <td>電池電圧低下特性が理論値と一致するか確認</td> <td>実機を模擬した負荷を与え、電池電圧低下を監視(6ヶ月, 1カ年)</td> <td>低</td> </tr> <tr> <td>強度・振動試験</td> <td>耐圧強化管体の止水性・強度の確認</td> <td>水圧 3MPa の印加, アムスラーによる 50kN の載荷試験</td> <td>中</td> </tr> <tr> <td>地上受信部耐温試験</td> <td>寒冷時に運用する地上側受信器の耐寒性確認</td> <td>恒温槽内の試験機材と外部の送信器での通信確認試験</td> <td>中</td> </tr> <tr> <td>システムエージング</td> <td>機器の動作確認と初期不良発見</td> <td>送受信動作の確認 測定値の確認</td> <td>高</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">現地試験</td> <td>伝送特性確認試験 (周辺環境の影響確認試験)</td> <td>・土中におけるアンテナ中心方向が同軸でない場合の伝送特性調査 ・通廊内からの信号減衰特性調査 ・現地のノイズ環境調査</td> <td>地中-地上間通信特性測定 ・距離-受信電圧特性 ・送受間角度-受信電圧特性 ・ノイズ電圧測定</td> <td>中</td> </tr> <tr> <td>気圧変動補正方法の現場環境確認試験</td> <td>気圧補正方法とその精度確認試験</td> <td>なし</td> <td>中</td> </tr> <tr> <td>強度・振動試験</td> <td>土中・圧力環境における振動耐力確認試験</td> <td>なし</td> <td>低</td> </tr> <tr> <td>地中伝送特性試験</td> <td>通信動作確認と受信電圧の変動</td> <td>地中-地上間通信特性測定 盛立高-受信電圧特性</td> <td>中</td> </tr> <tr> <td>電池電圧確認</td> <td>電池電圧低下特性と理論値の整合性確認</td> <td>電池電圧データ回収・評価</td> <td>高</td> </tr> <tr> <td>伝送環境変化に伴う伝送特性試験</td> <td>盛立高、湛水位上昇など環境変化があった場合の伝送特性確認</td> <td>と同じ(重複)</td> <td>高</td> </tr> </tbody> </table>			試験項目	目的	試験内容	優先度	室内試験	地中送信部耐雷試験	雷サージによる電位差に耐えられることの確認	なし	低	有線と無線の計測値比較試験	無線通信システムが計測値を正確に送受信することの確認	間隙水圧計を用いて計測値を無線・有線で送り、結果を比較	高	内蔵タイマの時間ズレ確認	内蔵タイマの誤差把握	タイマ IC に温度変化を与え、出力値をカウントで計測	低	電池電圧確認	電池電圧低下特性が理論値と一致するか確認	実機を模擬した負荷を与え、電池電圧低下を監視(6ヶ月, 1カ年)	低	強度・振動試験	耐圧強化管体の止水性・強度の確認	水圧 3MPa の印加, アムスラーによる 50kN の載荷試験	中	地上受信部耐温試験	寒冷時に運用する地上側受信器の耐寒性確認	恒温槽内の試験機材と外部の送信器での通信確認試験	中	システムエージング	機器の動作確認と初期不良発見	送受信動作の確認 測定値の確認	高	現地試験	伝送特性確認試験 (周辺環境の影響確認試験)	・土中におけるアンテナ中心方向が同軸でない場合の伝送特性調査 ・通廊内からの信号減衰特性調査 ・現地のノイズ環境調査	地中-地上間通信特性測定 ・距離-受信電圧特性 ・送受間角度-受信電圧特性 ・ノイズ電圧測定	中	気圧変動補正方法の現場環境確認試験	気圧補正方法とその精度確認試験	なし	中	強度・振動試験	土中・圧力環境における振動耐力確認試験	なし	低	地中伝送特性試験	通信動作確認と受信電圧の変動	地中-地上間通信特性測定 盛立高-受信電圧特性	中	電池電圧確認	電池電圧低下特性と理論値の整合性確認	電池電圧データ回収・評価	高	伝送環境変化に伴う伝送特性試験	盛立高、湛水位上昇など環境変化があった場合の伝送特性確認	と同じ(重複)	高
試験項目	目的	試験内容	優先度																																																										
室内試験	地中送信部耐雷試験	雷サージによる電位差に耐えられることの確認	なし	低																																																									
	有線と無線の計測値比較試験	無線通信システムが計測値を正確に送受信することの確認	間隙水圧計を用いて計測値を無線・有線で送り、結果を比較	高																																																									
	内蔵タイマの時間ズレ確認	内蔵タイマの誤差把握	タイマ IC に温度変化を与え、出力値をカウントで計測	低																																																									
	電池電圧確認	電池電圧低下特性が理論値と一致するか確認	実機を模擬した負荷を与え、電池電圧低下を監視(6ヶ月, 1カ年)	低																																																									
	強度・振動試験	耐圧強化管体の止水性・強度の確認	水圧 3MPa の印加, アムスラーによる 50kN の載荷試験	中																																																									
	地上受信部耐温試験	寒冷時に運用する地上側受信器の耐寒性確認	恒温槽内の試験機材と外部の送信器での通信確認試験	中																																																									
	システムエージング	機器の動作確認と初期不良発見	送受信動作の確認 測定値の確認	高																																																									
現地試験	伝送特性確認試験 (周辺環境の影響確認試験)	・土中におけるアンテナ中心方向が同軸でない場合の伝送特性調査 ・通廊内からの信号減衰特性調査 ・現地のノイズ環境調査	地中-地上間通信特性測定 ・距離-受信電圧特性 ・送受間角度-受信電圧特性 ・ノイズ電圧測定	中																																																									
	気圧変動補正方法の現場環境確認試験	気圧補正方法とその精度確認試験	なし	中																																																									
	強度・振動試験	土中・圧力環境における振動耐力確認試験	なし	低																																																									
	地中伝送特性試験	通信動作確認と受信電圧の変動	地中-地上間通信特性測定 盛立高-受信電圧特性	中																																																									
	電池電圧確認	電池電圧低下特性と理論値の整合性確認	電池電圧データ回収・評価	高																																																									
伝送環境変化に伴う伝送特性試験	盛立高、湛水位上昇など環境変化があった場合の伝送特性確認	と同じ(重複)	高																																																										
成果	<p>製品面及び施工面からのボトルネック技術が下記の通り明確になった。</p> <p>ノイズの影響を低減させる通信装置の開発</p> <p>通信距離と周辺環境条件の関係把握</p> <p>装置の小型化(高さ・直径共 20cm 以内)</p>																																																												

個別研究テーマ	実機による長期信頼性確認試験
実施年度	平成 13 ~ 15 年度
目的	現システムを用いて機器及び現場環境における基本性能を確認する
実施内容	<p>(1) 現システムによる室内試験</p> <p>データ送信機の温度特性と伝送特性の調査を行った。</p> <p>内蔵タイマの時間ずれ（周波数偏差）は規格値の-20ppm 以内に収まっており、誤差の影響はほとんどないことが確認された。また同一の受信環境において検査用のデータ送信器（基準器）と同等の受信信号電圧特性が得られた。</p> <p>(2) 現システムによる現地試験</p> <p>南相木ダム通廊とバルブ室連絡トンネル交差部にデータ送信器を設置して、伝送特性の調査を行った。</p>  <p>(3) 耐雷性の検討</p> <p>ワイヤレス間隙水圧計の耐雷性を検討した。</p>
成果	<p>(1) 現システムによる室内試験</p> <p>内蔵タイマの時間ずれ（周波数偏差）は規格値の-20ppm 以内に収まっており、誤差の影響はほとんどないことが確認された。</p> <p>データ送信機の通信動作・送信性能が正常であることを確認した。</p> <p>(2) 現システムによる現地試験</p> <p>伝送特性が理論特性と整合性があることを確認した。</p> <p>盛立て材料，気温，気圧が伝送特性に影響を及ぼす支配的要因ではないことが明確になった。</p> <p>(3) 耐雷性の検討</p> <p>直雷以外では実用的に十分な耐雷性を有していることを確認した。</p>

個別研究テーマ	周辺条件の影響調査
実施年度	平成 13・14 年度
<p>目的</p> <p>新設・既設ダムにおける周辺ノイズ測定による最大伝送距離への影響把握および通廊 - 天端(通廊)間の距離に対する伝送特性調査による鉄筋の影響把握により運用上のノウハウを得ること</p>	
<p>実施内容</p> <p>(1) 天端ノイズ</p> <p>ノイズ電圧は場所や施工の時期により大きく変動し、予想伝送距離も 30m ~ 120m と大きくバラつく結果となった。要因として、天端の地中や通廊内には各種計器や機材および建設機材のための電源線が敷設されており、それらから発生するノイズが考えられる。今後の受信機材設置に当たっては、これらの特性を考慮して伝送距離を決定する必要がある。</p> <p>(2) 堤体周辺ノイズ</p> <p>天端に比べて比較的ノイズ電圧が安定しており、予想伝送距離も 80m 以上期待できる</p> <p>(3) 鉄筋の影響調査</p> <p>中央土質遮水壁型ロックフィルダムでは天端 - 通廊間で調査を行った結果、大気中伝送特性と土中伝送特性との相関係数は 0.84, 0.95 であり、比較的相関が高く、他ダムに比べて大気中伝送特性に近い伝送特性を有することが確認された。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>標 本 数 : 29 平均予想伝送距離 : 62m 標 準 偏 差 : 21.8</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>標 本 数 : 36 平均予想伝送距離 : 87m 標 準 偏 差 : 30.2</p> </div> </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> </div> <div style="width: 45%;"> </div> </div>	
<p>成果</p> <p>データを収録する地上側のアンテナは、天端以外に設置することが望ましい。</p> <p>地上側のアンテナ方向は、受信電圧とノイズ電圧の比率 S / N 比が最大になる方向に設置する必要がある。</p> <p>複数の地中計器を埋設する場合、上記の条件が 1 通りでは無いことも考えられるため、自動計測を実施する場合には複数の受信アンテナを設置できるよう、送受信制御器の仕様を再検討する。</p> <p>中央遮水壁型ロックフィルダムの伝送特性は大気中伝送特性で推測可能であるが、他ダムは個別に事前調査が必要である。</p>	

個別研究テーマ	間隙水圧計の構造研究・実験
実施年度	平成 13・14 年度
<p>目的</p> <p>小型間隙水圧計を開発すること</p> <p>ダム堤体の強度に影響を与えると思われる不飽和土中のサクシオン圧を測定可能なセンサ構造について検討すること</p>	
<p>実施内容</p> <p>(1) 小型間隙水圧計</p> <p>0～1MPa の圧力範囲において非直線性 0.1% 以下の測定性能を有する小型間隙水圧計を開発した。</p>   <p>(2) 不飽和土中のサクシオン圧測定</p> <p>受圧板とフィルタのギャップを充分狭くした(0.1mm 程度)センサ構造で地盤の PF 値より高い AEV フィルタを使用することによって大気圧を上回るサクシオンを測定することができるという研究結果を参考に、AEV (エアエントリーバリュー) が地盤の PF 値より高いセラミックフィルタを採用し、フィルタと受圧板のギャップを 0.1mm、受圧板変形量を 0.1mm とした間隙水圧計を試作した。</p>  	
<p>成果</p> <p>ワイヤレス間隙水圧計に内蔵可能な小型水圧計を開発した。</p> <p>不飽和土の間隙水圧測定が可能な小型センサの設計検討を行い、試作品を製作した。</p> <p>不飽和土間隙水圧計の実用化には長期信頼性を有するセンサ構造の検討が必要である。</p>	

個別研究テーマ	構成部品、市場技術調査
実施年度	平成 13 年度
<p>目的</p> <p>回路の小型化、伝送距離、電池寿命ならびにシステムの信頼性を向上させるための構成部品の動向を調査し、小型化のめどを立てる</p>	
<p>実施内容</p> <p>小型、低消費電力、高信頼性の達成を主眼として、構成部品、市場技術の調査を行った。市場技術の調査の結果、以下の技術を採用することで小型化、高信頼性達成の目途を得た。</p> <p>1) DSPによるデジタル信号処理</p> <p>DSPを採用することにより測定データ、送受信信号のデジタル信号処理が可能となり、回路の小型化を達成することができる。</p> <p>また基板に実装した状態で動作の確認及びメンテナンスが可能である。</p> <p>2) CPLDによる回路の集積化</p> <p>CPLDとはComplex Programmable Logic Deviceの略称で、デジタル信号処理で用いられる論理演算回路の集積化が可能であり、回路の小型化、低消費電力化が可能である。</p> <p>またDSP同様に基板に実装した状態で動作の確認および論理回路の書き換えが可能であり、メンテナンス性が良い。</p> <p>3) 面実装技術</p> <p>電気回路およびその部品について、現在および将来性において入手性を考慮して極力小型化しうる面実装技術を取り入れた。</p>	
<p>成果</p> <p>開発予定回路に使用する電子部品を調査し小型化のめどを立てた。</p>	

個別研究テーマ 構成部品の長期信頼性確認試験

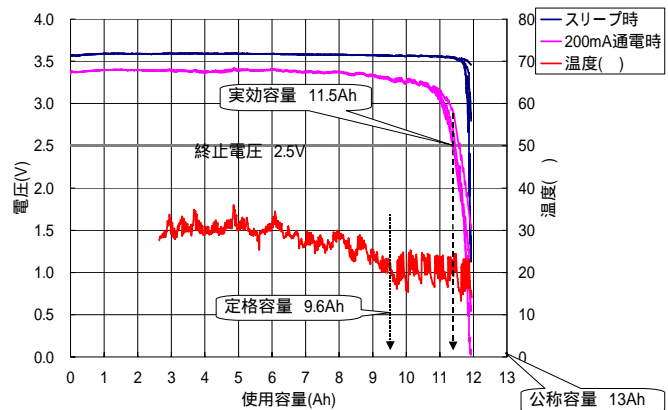
実施年度 平成 13 ~ 15 年度

目的
リチウム電池の長期放電加速試験及び電子回路の平均故障時間の算出により、ワイヤレス間隙水圧計の長期信頼性を確認する

実施内容

(1) 放電加速試験

電池の自己消費を求めると 0.08Ah/年となったことから、この自己消費を加味した 10 年稼働時の予想実効容量を求めると 10.68Ah となり、定格容量 9.6Ah に対して 1.1 倍の余裕度を持っていることが予想される。



(2) 平均故障時間の算出

構成部品の故障率を調査し、開発機器の平均寿命MTTF (Mean Time To Failure) を算出した。

	使用頻度換算FIT	使用頻度換算MTBF	頻度換算寿命(年)
電源ボード	756.3	1.32E+06	150.9
アナログボード	178.5	5.60E+06	639.7
デジタルボード	2001.1	5.00E+05	57.0
測定ボード	5.2	1.93E+08	22027.2
合計	2941.0	3.40E+05	38.8

成果

リチウム電池の放電加速試験を実施し、目標仕様 10 年を満足する性能を有することを確認した。電子回路としての平均寿命は 39 年であり、電池寿命の 10 年に対して 4 倍程度の余裕があることを確認した。

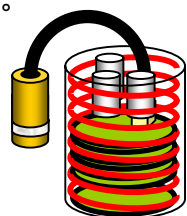
個別研究テーマ	機器開発・試作
実施年度	平成 13～15 年度

目的
目標仕様を満足するワイヤレス間隙水圧計の開発

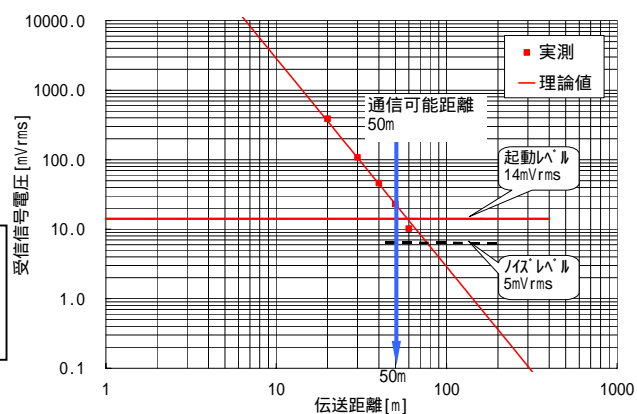
実施内容

(1) 試作器開発

筐体強度，通信性能，消費電流の評価を行い、最終器の開発に向けての改善・検討項目を抽出した。



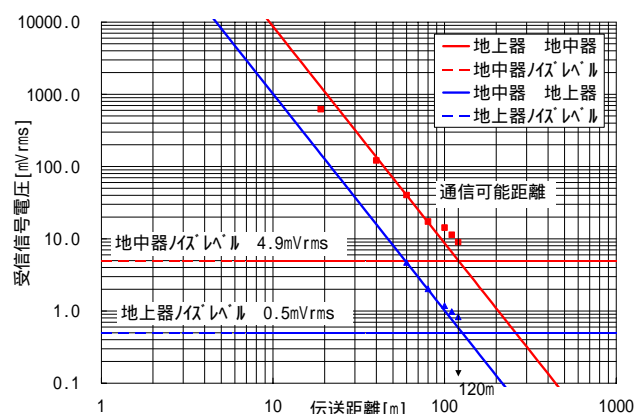
センサ外付け
通信距離 50m
計測期間 10 年を満足



(2) 実用器開発

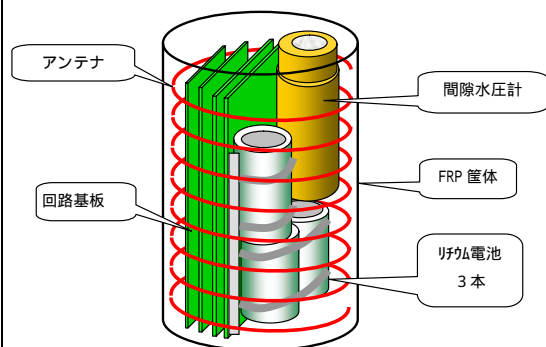
試作器評価時の以下の改善・検討項目に対応し、目標仕様を満足する実用器を開発した。

- ・システムノイズ低減による通信距離延伸
- ・信号処理方式改良による通信距離延伸
- ・センサ小型化
- ・量産性向上





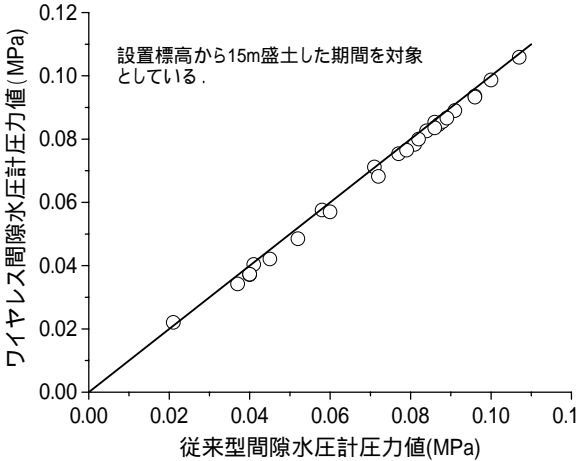
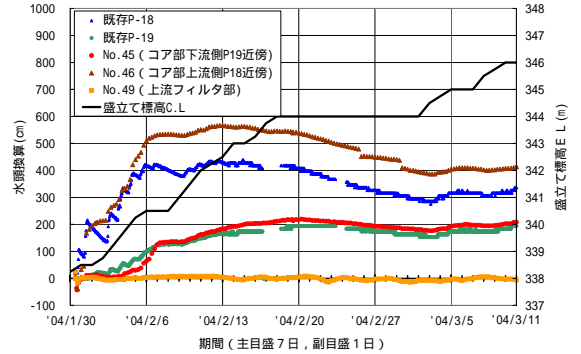
成果

長期埋設に必要な信頼性を確保した実用器を開発した。



項目	目標仕様	実用器性能
通信距離	土中 100m	土中 100m
外形寸法	125mm × H205mm	120mm × H205mm
測定頻度	自動測定 1 回/日	自動測定 1 回/日
送信頻度	1 回/7 日 + 定期送信 1 回/月	1 回/7 日 + 定期送信 1 回/月
電池寿命	10 年	11.3 年

個別研究テーマ	試験方法、設置方法		
実施年度	平成 13・14 年度		
<p>目的</p> <p>1) 筐体への荷重を考慮した埋設仕様の策定(使用重機, 土被り厚さの設定)</p> <p>2) 埋設後の筐体の向きを確保する埋設方法の策定(埋設形状の設定)</p>			
<p>実施内容</p> <p>10cm 深さに埋設し、17t 級振動ローラ(以下、17tVR)で転圧した場合でも、作用応力は筐体の許容応力以下であるため、強度的には通常の転圧で問題ないことが判明した。</p> <p>従って、筐体埋設に当たっては、センサ埋設箇所と周辺部の剛性を同等とするため、重機(17tVR)を使用することとする。</p> <p>ワイヤレス間隙水圧計は埋設方向により、受信電圧が異なることが分かっているため、モールド等を転圧面に挿入し、埋設位置周辺をくり抜くコア抜き法を策定した。</p>			
		従来法	コア抜き法
埋設手間		筐体周囲はランマ転圧となるため埋設品質の一定化が困難	-50mm 材であれば、削孔可能。
周囲転圧時の挙動	×	周囲の転圧時には、転圧機種に関わらず傾斜角の動きが大きい。	30cm 上を 17tVR が転圧するのみなので、設置時の挙動はごく小さい。
傾斜角の絶対値		転圧直角方向に最大 1.5° の傾斜角が残留。	転圧直角方向に最大 0.8° の傾斜角が残留。
総合評価		-	転圧中の挙動, 転圧後の残留傾斜より、コア抜き法が有利であることを確認
特記事項		<p>1) 今回はケーブルの影響が皆無ではなかったが、周辺部転圧時のやり難さが印象に残った。</p> <p>2) 使用材料の粒度が粗く、削孔不能の場合で、傾斜角にこだわらない箇所であれば、適用可。</p>	<p>1) 使用材料により、埋設施工性は異なるものと推測される。</p>
<p>成果</p> <p>転圧中の挙動, 転圧後の残留傾斜より、コア抜き法が有利であることが確認された。</p> <p>設置要領書を作成した。</p>			

個別研究テーマ	現場での実機による運用テスト
実施年度	平成 15 年度
目的	ワイヤレス間隙水圧計の長期信頼性の確認
実施内容	<p>(1) 試作器 南相木ダムコア部およびロック部に埋設し、現在も継続調査中である。 異なる日時に回収したデータが完全に一致しており、通信性能に問題ないことが確認された。</p>  <p>(2) 実用器 中岳，小田股両ダムのコア部およびロック部に埋設し、現在も継続調査中である。 測定機能・通信機能が正常であることが確認された。</p>   
成果	<p>試作器のデータ通信機能が正常であることを確認した。 データ回収時発生した地上側機器の不具合および操作ミスに対してはその都度対策を講じ、データ収録のノウハウを蓄積した。 実用器においては落雷発生後も欠測なく測定を継続していることを確認した。</p>