

◆平成24年度 砂防学会賞(砂防技術賞) 受賞技術
◆第14回 国土技術開発賞(入賞) 受賞技術

土研式水位観測ブイ(投下型)

独立行政法人 土木研究所
火山・土石流チーム 上席研究員
石塚 忠範

本技術は、株式会社拓和との共同開発技術です。

1. 土研式水位観測ブイ(投下型)とは?

地震や台風等により発生した天然ダムの水位をヘリコプター等で運搬・投下設置する**迅速・安全に測定可能な水位計**

2. 天然ダムの水位観測の必要性和問題点

河道が崩壊土砂により閉塞すると天然ダムが形成される。

天然ダムの水位が閉塞土砂以上になり越流すると閉塞部が決壊し土石流が発生する恐れがある。

水位を測り、いつ越流するか?等の予測・監視が必要

過満・侵食の危険性
閉塞土砂
天然ダム

問題点

- ①地震や斜面の崩落等により道路が寸断され**天然ダムまで行けない**
- ②山間部では携帯電話等の通信ができなく、**情報伝達手法がない**
- ③商用電源がなく、**電源確保が困難**

3. 今までの天然ダムの水位観測方法

今までは天然ダムの湛水位監視を行う場合は、**水位計とKu-SAT(衛星小型画像伝送装置)**を現地に人力で搬入・設置し観測を行っていた。

本圧式水位計の設置
Ku-SAT(衛星小型画像伝送装置)
発電機による電源の供給(燃料補給が逐次必要)
衛星局

- ①道路の寸断により河道閉塞にアクセスできず**監視開始までに時間を要する**(数日~1ヶ月程度)場合がある
- ②電力消費が多く、**数日に1回燃料補給をする必要がある**
- ③現地設置時に**二次災害に遭遇する危険**がある
- ④重量のある機材を人力で搬入するため**多大な労力**がかかる
- ⑤設置・運搬・燃料補給等**多くの人手が必要で費用が高い**

4. 投下型水位観測ブイの運用イメージ

- ①水中に投下後、ブイ(衛星通信装置とケージ(水位計センサー)が分離し観測を開始する
- ②ヘリコプターに吊り下げられ河道閉塞部まで輸送される
- ③衛星通信(イリジウム衛星)を利用し、水位データが伝送され、監視局にメール配信される

衛星通信(イリジウム衛星)を利用し、水位データが伝送され、監視局にメール配信される

イリジウム衛星局
インターネット
メール配信
監視局
防災担当事務所等

ヘリコプターで空輸・投下するだけで設置完了・水位観測始

5. 投下型水位観測ブイの利点・特徴

- ①**迅速性**：
地震等による地上道路の寸断状況にかかわらず、ヘリコプターによる運搬・投下設置が可能のため、**水位観測を迅速に開始**できる。
- ②**安全性**：
作業員が地上で作業を行う必要が無いため、土石流などによる**二次災害を回避**できる。
- ③**安定性**：
河道閉塞湛水部の任意の地点への設置が可能のため、溪岸からの土砂流入による**機器の破損・流失の危険が少なく**、安定した測定が期待される。
- ④**低コスト**：
従来技術に比べ、**機器費は1/3、維持費は1/10以下に軽減**できる。
従来：機器費1,200万円 運搬・設置100万円 維持費100万円/月(燃料補給作業費)
本技術：機器費 370万円 運搬・設置100万円 維持費5万円/月
- ⑤**その他**：
設置場所を任意に選定できるため、人力施工できない深い深度にも設置可能なため**広い水位範囲を監視**することができる。

6. 投下型水位観測パイの詳細

①水位計センサー

■水位計センサーは圧力式を使用

- ◇測定可能範囲 : 0~40m
- ◇測定精度 : 当初:0.2%FS(±8cm)
: 現行:0.1%FS(±4cm)
- ◇環境条件 : -10℃~+50℃(ただし凍結しないこと)



■設置場所の注意点

- ◇水位計の測定範囲が最大40mのため、河床から閉塞天端高までの高さが40m以内となるポイントに設置する必要がある。
- ◇圧力式のため、センサが泥に埋没すると誤差要因となる。

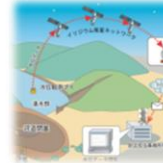
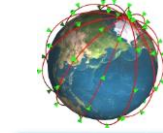
■観測された水位データ取扱の注意点

- ◇得られるデータは、設置した場所における『水深』データで越流までの余裕高を把握するにはヘリコプター上からレーザ距離計を使用し、現在水面と閉塞部天端の比高を測定する作業が必要になる。
- ◇また、地上測量や航空レーザ測量の実施が可能となった段階では、標高値への換算が望まれる。

7

②衛星回線伝送装置

データ伝送には**イリジウム衛星通信システム**を用いている。
イリジウム衛星は、地上から**780km**の位置に**66機**の衛星が配置され、上空を周回し運用されており、地球上の多くの場所で通信を行うことが可能である。



■現地適用性が高い

- ◇携帯電話等が通じない山間部でも通信が可能
- ◇地震による地上設備の損壊や災害時の輻輳の影響を受けない。
- ◇天候の影響を受けにくい1.6GHz帯域を使用

■取扱いが容易

- ◇無指向性アンテナ使用のため向き調整が不要(現場での調整不要)。
- ◇ユーザーは、Eメールによりデータが配信される。

■留意点

- ◇衛星の軌道状況によって通信が遅れる場合がある。(データ伝送の遅延時間: 約1~5分程度)
- ◇パイ上に着雪すると通信ができない。

8

③電源 (バッテリー)

■投下型水位観測パイは、バッテリーのみで動作。

■バッテリーの容量と観測間隔によって連続運用期間が変化する。

- ◇観測間隔 10分間 : 1ヶ月程度
 - ◇観測間隔 60分間 : 3ヶ月程度
- (※設置時の初期電圧や、外気温条件によって連続運用期間は変化する)

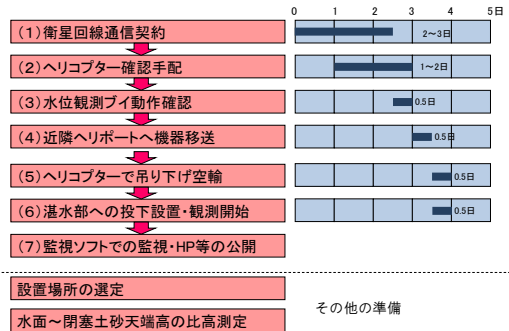
■データメールに、バッテリー電圧データも含まれているため、電圧状況を随時確認することが可能。

バッテリー電圧	判断
12.0V以上	正常に運用できるレベル
12.0V以下	バッテリーの交換時期が近づいている
11.5V以下	バッテリーの交換を要する
11.0V以下	電圧が急激に低下し、速いペースで観測動作電圧10.5Vに至ることがある。
10.5V	内部データ保存のため、観測が自動停止する。復旧のためにはバッテリー交換が必要となる。

9

7. 設置~運用の流れ

【設置・運用に要する日数の目安】



10

(1) 衛星通信契約

■通信契約

- ◇イリジウム衛星通信を行うにあたっては、KDDI側と通信契約を締結する必要がある。

■使用契約申込書の作成・送付

- ◇メール配信先アドレス: 5か所まで登録可能
 - ◇イリジウム設備製造番号(IMEI)の登録: パイ本体に貼付されている15桁の番号 ※KDDI社の受付可能時間: 平日9:00~17:00
- 契約書受理後、通信可能な状態となるまでに2~3日程度を要する(土日は除く)ため、速やかな契約書送付が必要。

■その他

- ◇メールアドレスの配信先は、契約後も変更可能(要手数料)。

■諸費用

- ◇使用契約料: 10,000円
 - ◇通信料金(目安)
 - ・観測間隔10分の場合: 約35,000円/1ヶ月あたり
 - ・観測間隔60分の場合: 約13,000円/1ヶ月あたり
 - ◇設定変更料: 1,000円/1回
- ※注: 上記料金はBプラン選定、かつ使用者がKDDI社と直接契約を結んだ場合。

11

(2) ヘリコプター確認手配

■離発着場所の確認

- ◇対象となる河道閉塞の天然ダムの発生場所を確認し、ヘリコプターで荷吊りを開始する場所を設定する。
- ◇離発着場所の設定にあたっては、当該場所の上空開放空間等の制約を生じる。

■ヘリコプター手配

- ◇電磁フラックを装着でき、荷吊り輸送を行うことが可能なヘリコプターを手配する。

■飛行場外でヘリコプター離着陸を行うための許可申請

- ◇ヘリコプターの運航にあたり、航空事業者が飛行場外離着陸許可を航空局に申請する必要がある。平常時は申請許可が下りるまで2週間程度かかるが、災害発生時の緊急的対応等については航空局と協議を行う必要がある。

- ⚠ 詳細は航空事業者との協議が必要となる。



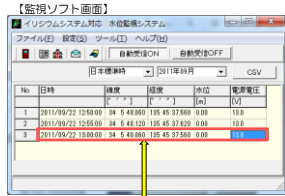
12

(3) 水位観測バイ動作確認

- ① 上空が開放した場所に水位観測バイを据える。
- ② 水位観測バイ上部のドーム状カバーを外す。
- ③ 電源スイッチをONする。
- ④ 動作ランプが正常に点灯し、初期化が完了することを確認する。
- ⑤ メールデータの受信、監視ソフトでの表示を確認する。



動作ランプ 電源スイッチ
 ⚠️ 電源投入、動作ランプ確認が適切に行われないと正常動作しないため、本作業は確実に行う必要がある。

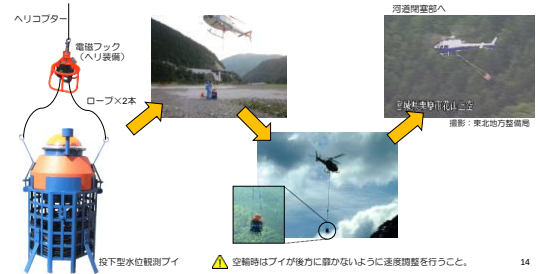


最新データが表示されることを確認

(4) 近隣ヘリポートへ機器移送

(5) ヘリコプターで吊り下げ空輸

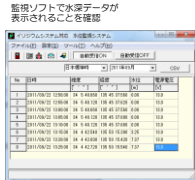
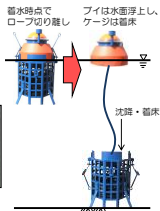
- ① 電源を投入し、動作ランプが正常な点灯であることを確認する。(3)動作確認参照)
- ② バイのアーム部に吊下げロープを通す(2本)。
- ③ ヘリコプターの電磁フックに吊下げロープをかける。
- ④ ヘリコプターを離陸させる。
- ⑤ バイが後方になびかないように速度調整をしながら河道閉塞まで輸送する。



⚠️ 空輸時はバイが後方に倒れないように速度調整を行うこと。

(6) 湛水部への投下設置・観測開始

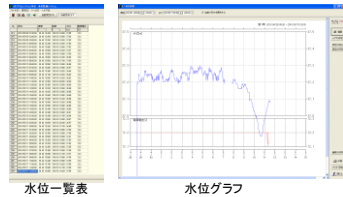
- ① 投下型水位観測バイが着水するまでヘリコプターを降下させる
 ⚠️ 水位計センサーは精密機器ですので、高い位置から投下せずバイが必ず水面に着水してからロープを切り離してださい。
- ② 電磁フックを解除してロープを切り離す
- ③ アームが開放されてバイ部とケーシング部分離し、バイ部が水面に、ケーシングが河床に沈んだことを確認する
- ④ 受信データを確認する
- ⑤ 観測開始



上記の地点、
 0.00m.....投下前
 3.25m.....ケーシング沈没中
 7.37m.....ケーシング電着(投下完了)

(7) 監視ソフトでの監視・HP等の公開

- ① 観測間隔ごとに配信されるEメールを、専用監視ソフトにより自動開封して、作表・作図される。表示情報(日時、緯度経度、水深、電源電圧)
- ② 観測時間間隔は、利用者PCからイリジウムサービスにメールを送信することによって設定変更が可能(出水時には観測間隔を短くして監視性を高めたり、非出水時には長くて通信料金の低減を図るなど、状況や必要性に応じた運用が可能)。
- ③ 必要に応じHP等に水位データ等を公開する。



- 危険度評価の例：
- 『水位の上昇』 ⇒ 決壊危険度が增大している
 - 『水位上昇量>越流余裕高』 ⇒ 越流、決壊に注意する必要あり
 - 『水位の急激な下降』 ⇒ 決壊発生の危険性あり

■現在水面～閉塞土砂天端高の比高測定

投下型水位観測バイで得られるデータは、設置地点の水深データであるため、河道閉塞の越流有無を把握するためには比高測定を行う必要がある。

- ① ヘリコプター上からレーザー距離計を用いて、設置時の水面高と、閉塞土砂の最低天端高との比高(越流余裕高)を測定する。
- ② この越流余裕高と、設置時以降のバイ水深データの上昇量を対比することによって越流有無を判断することができる。



⚠️ 閉塞部天端の地表面形状の起伏が大きく、最低天端高を見出すことが困難な場合がある。

8. 納入・活用実績

■納入実績■

- 北海道開発局・札幌開発建設部 : 1台
- 東北地整・北上川下流河川事務所 : 2台
- 関東地整・利根川水系砂防事務所 : 2台
- 中部地整・中部技術事務所 : 1台
- 北陸地整・北陸技術事務所 : 1台
- 近畿地整(本局) : 1台
- 近畿地整・六甲砂防事務所 : 1台
- 中国地整・中国技術事務所 : 1台(11月末予定)
- 四国地整・四国技術事務所 : 1台



国土交通省の各地方整備局で河道閉塞発生時の緊急監視機器として整備が進んでいる。

■活用実績■

- ① 平成20年岩手・宮城内陸地震で発生した湯浜地区河道閉塞で活用(東北地方整備局 北上川下流河川事務所)
- ② 平成23年紀伊半島豪雨で発生した奈良県・和歌山県河道閉塞で活用(近畿地方整備局)

9. 活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)

平成23年台風12号により紀伊半島で総雨量1000mmを超える豪雨があり、奈良県・和歌山県で17カ所の河道閉塞が形成され、うち5カ所が緊急調査・監視の必要があると判断された。



国土交通省ホームページより

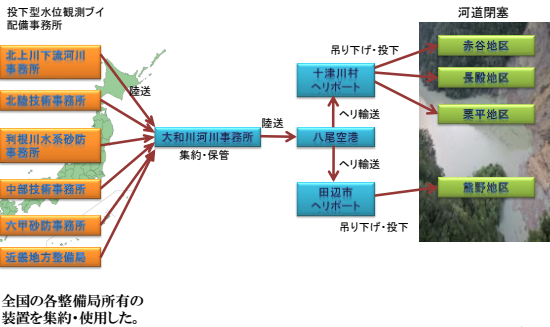
19

5カ所の河道閉塞のうち、特にアクセスが困難な4カ所において投下型水位観測パイプが設置され、発災後1週間以内に水位監視体制を構築された。

日付	対応内容	関連事項
9/8	・赤谷地区で1号機投下	
9/9	・長殿地区で投下 ・熊野地区で1号機投下 ・栗平地区で1号機投下	
9/13	・熊野地区で2号機投下	
9/18	・栗平地区で2号機投下	・北股地区で地上型水位計設置
9/22	・栗平地区で3号機投下	
10/30	・赤谷地区で2号機投下	

20

■投下型水位観測パイプ 輸送・設置状況



21

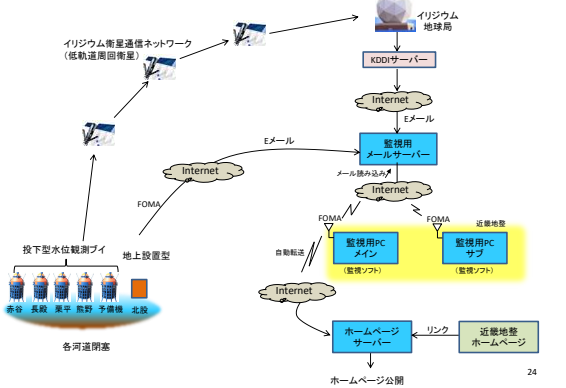


22



23

■構築された監視システムの概要



24

