

天然ダム水位を迅速・安全に測定するための新しい監視技術

実用新案登録：第3149794号
NETIS登録番号：KT-100009

土研式投下型水位観測パイ

独) 土木研究所・儀拓和 共同開発品



独立行政法人 土木研究所 火山・土石流チーム
株式会社 拓和

1. 開発背景

■天然ダムとは？
⇒豪雨・地震により山地斜面が崩壊して河道を閉塞し、湛水したものです。近年においては、平成16年新潟県中越地震、平成20年岩手・宮城内陸地震などにおいて発生しています。

■どんな被害があるのか？
⇒天然ダムの上流側では浸水被害が、下流側では越流・決壊による土石流の発生があります。

■天然ダムの監視項目は？
⇒ヘリコプターによる定期巡回、水位計やカメラによる湛水位監視、振動センサやワイヤセンサによる土石流監視、雨量監視などが必要となります。

■天然ダムの監視上の課題は？
⇒豪雨・地震により道路が寸断されて天然ダムにアクセスが困難で、観測開始までに時間がかかるという大きな課題がありました。

このような背景を受けて、土研式投下型水位観測パイが開発されました。

平成20年岩手・宮城内陸地震では多くの斜面崩壊・天然ダムが発生しました。



2. 従来の水位観測方法の課題

従来、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・設置することが一般的でした。




人手がかかる「二次災害のおそれ」
アクセス道路の寸断

しかし、以下の課題がありました。

- 道路の寸断により天然ダムにアクセスできず**監視開始までに数日～1ヶ月間程度を要する**
- 現地設置時に作業員が土石流などの**二次災害に遭遇する危険性**がある
- 斜面の再崩壊などにより**設置した機器が破損する恐れ**がある
- 燃料補給のために、**数日に1回現地に行く必要**がある

3. 土研式投下型水位観測パイの特徴

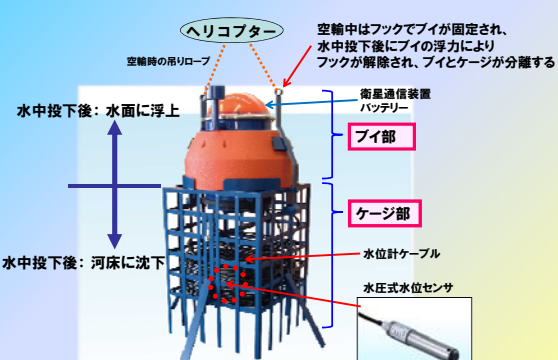
ヘリコプターで運搬し、天然ダムに投下するだけで設置が完了します



- 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ます。
- 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の遭遇を回避できます。
- ③測定安定性：**天然ダム湛水域の中央部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なり、安定した測定が期待されます。
- ④低コスト：**従来技術に比べて、機器費は1/3、維持費は1/10に軽減できます。

⇒従来手法による課題を同時に解決します。

(1) 土研式投下型水位観測パイの外観



空中はフックでパイが固定され、水中投下後にはパイの浮力によりフックが解除され、パイとケージが分離する

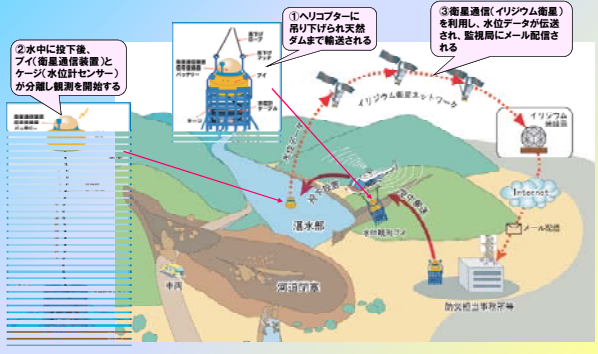
水中投下後：水面に浮上

水中投下後：河床に沈下

構成部品：
ヘリコプター
衛星通信装置
バッテリー
パイ部
ケージ部
水位計ケーブル
水圧式水位センサ

(2) 土研式水位観測パイの観測イメージと設置方法

- 機器の操作は、電源スイッチをONするだけです。
- あとは、ヘリコプターから投下するだけで設置が完了します。



(3) 水位計センサー・水位データについて

■水位計センサーは圧力式水位計を使用しています。

測定可能範囲 : 0~4.0m
測定精度 : 0.2%FS



■設置場所の注意点

⇒水位計の測定範囲が最大40mのため、河床から閉塞部天端までの高さが40m以内となるポイントに設置する必要があります。

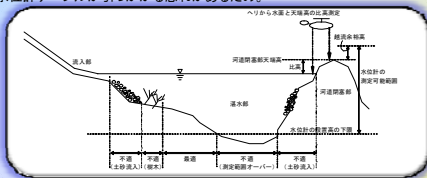
■観測された水位データ取扱の注意点

⇒得られるデータは、設置した場所における『水深』データであり、これだけでは越流までの余裕高などを把握することはできません。
⇒このため、ヘリコプター上からレーザー距離計を使用し、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ります。
⇒この比高と、水位上昇量を比較することにより、越流の有無を判断することが可能となります。

⇒また、地上測量や航空レーザー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ます。

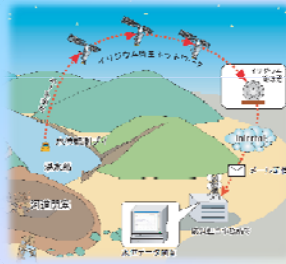
参考：設置に適した場所の選定

- 想定される水位上昇量が40m以内であること
⇒水位計の測定範囲が40mであるため。
- 河道閉塞部、溪岸、流入部などから離れていること
⇒土砂が流入した場合に、機器が破損する恐れがあるため。
- 河床勾配が緩やかであること
⇒ケージ部が不安定な角度となり、転倒する恐れがあるため。
- 粘土・シルトが厚く堆積していないこと
⇒センサーが埋没すると水圧を受感できなくなり、水位測定に支障がでるため。
- 水没している樹木が少ないこと
⇒水位計ケーブルが引っかかる恐れがあるため。



4. 観測データ伝送方法

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ます。6G機の低軌道周回衛星により運用されており、地球上の多くの場所で通信を行うことが可能です。



- 現地適用性が高い
◇地震による地上系設備の損壊や災害時の輻輳の影響を受けにくく、安定した通信が期待できます。
◇天然ダムの形成されるような比較的狭隘な溪流でも使用可能です。

- 取扱いが容易
◇アンテナ向きなどの機器調整は一切不要です。
◇ユーザは、Eメールによりデータが届けられます。

(1) イリジウム衛星通信の特徴

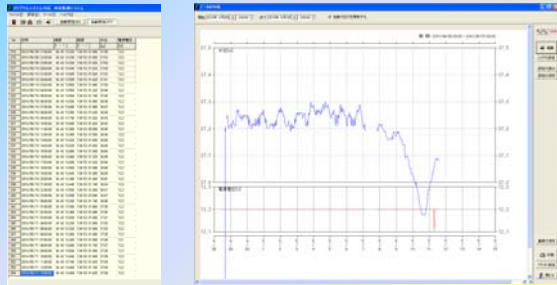
- データ伝送の遅延時間：約1~5分程度
- Eメール配信先：最大5ユーザ
(⇒迷惑メールと混同されないようセキュリティの調整が必要な場合があります。)
- データ監視：専用ソフトによる自動開封、作表・作図
- 観測時間間隔の変更：ユーザーPCからEメールを機器側に送信するだけで可能です (10分・30分・60分・24時間など設定可)
⇒出水時には観測間隔を短くして監視性を高めたり、非出水時には長くして通信料金の低減を図るなど、状況や必要性に応じたコントロールが可能です。
- パイに搭載される端末は、データ通信専用ですので、通話に使用することはできません。

(2) 通信契約について

- 衛星通信を開始するためには、通信事業者 (KDDI株式会社) と通信契約を行う必要があります。
- 通信契約の手続時間は、最短で約2~3日程度かかります。
(契約受付可能時間は、通信事業者の営業時間に準じます)
- 通信料金の主な概算費用は以下の通りです (基本料+通信費)。
観測間隔10分間： 約3万5千円/1ヶ月
観測間隔60分間： 約1万5千円/1ヶ月

(3) 専用ソフトによるデータ監視

- 観測間隔ごとに、Eメールで登録ユーザにデータ配信されます。(最大5ユーザ)
- パソコン上では、専用監視ソフトによりEメールを自動開封して、作表・作図します。



5. 運用期間・メンテナンスについて

(1) バッテリーによる連続運用期間について

- 土研式投下型水位観測パイは、**バッテリーのみで動作**しています。
- バッテリーの容量と水位観測・データ伝送間隔により連続運用期間が決まります。
 - ◇観測間隔 10分間 : 1ヶ月程度
 - ◇観測間隔 60分間 : 2ヶ月~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します)
- データメールに、バッテリー電圧データも含まれていますので、残電圧状況を随時確認することが可能です。

(2) 保管時のメンテナンスについて

- 6ヶ月に1回程度、バッテリーを充電してください。
- 1年に1回程度、機器動作点検をして下さい。(この際、通信契約を一時的に結ぶ必要があります)
- 保管場所は、直射日光が当たらず、温度変化が少ない倉庫などで保管してください。

6. 納入実績について

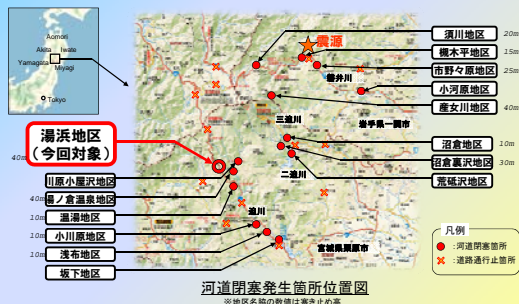
- 東北地整・北上川下流河川事務所 1台
 - ・・・湯浜地区天然ダムで運用中
- 関東地整・利根川水系砂防事務所 2台
 - ・・・天然ダム災害を想定した事前整備
 - ★平成22年4月に防災訓練実施

7. 活用事例の紹介

- ①平成20年岩手・宮城内陸地震で発生した湯浜地区天然ダムでの活用事例
(東北地方整備局 北上川下流河川事務所)
- ②天然ダムを想定した防災訓練での活用事例
(関東地方整備局 利根川水系砂防事務所)

(1) 平成20年岩手・宮城内陸地震で発生した湯浜地区天然ダムでの活用事例

平成20年6月14日に発生した平成20年岩手・宮城内陸地震により、岩手県一関市、宮城県栗原市を中心に、15箇所に及び河道閉塞(天然ダム)が形成されました。



1) 湯浜地区天然ダム状況



湯浜地区天然ダム状況

- 塞止高40mの天然ダムが発生
- 下流側で実施される復旧工事の二次災害の防止上、監視の必要が生じた
- 道路寸断により本地区への陸上からのアクセスが困難

既手法による水位計の迅速な設置は困難であり、投下型水位観測パイを急遽設置することとなった。

2) 輸送・設置状況



使用されたヘリコプターと投下型水位観測パイ

※写真の投下型水位観測パイは1号機のため形状が現行品と異なります。



①ヘリポートでの積み込み作業

宮城県東磐城市花山上空

②輸送状況

宮城県東磐城市花山上空

③投下設置状況

宮城県東磐城市花山上空

④設置完了・観測開始

映像提供：東北地方整備局

3) 設置後の状況



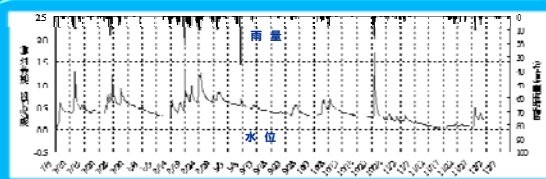
投下型水位観測パイの設置位置

4) 湛水位データ取得状況

■測定データは、イリジウム衛星通信回線を利用してメールでユーザーに配信され専用ソフトにより自動的に表、グラフに整理される。

■危険度評価方法の例：

- 『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



- 水位データは東北地方整備局にもリアルタイム配信され、防災情報として活用されています。

(2) 天然ダムを想定した防災訓練での活用事例

関東地整・利根川水系砂防事務所において、ヘリコプターを使用した投下型水位観測パイの投下訓練が行われました。

- ・主催者：利根川水系砂防事務所
- ・訓練日：平成22年4月28日(水)
- ・場所：相俣ダム（群馬県みなかみ町）
- ・参加者：約65名（関東地整職員ほか）



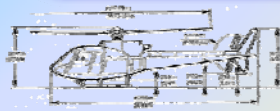
(利根川水系砂防事務所HPより)

1) 訓練の概要図



資料提供：利根川水系砂防事務所
利根川ダム統合管理事務所

訓練で使用されたヘリコプター



- ・アエロスバシアル AS350B-3
- ・ターボメカ/アリエル2B×1基(単発)
- ・吊り下げ能力 800kg
- ・巡航速度 200km/時間
- ・航続時間 3.5時間
- ・乗員定員 5名

※荷吊用電磁フックを装備し、空中から投下した。

■水位計の測定範囲は0~40mであるため、ダム湖の水深が40mを超えない場所を予め探して設置した。



①輸送中



③状況確認



②投下・設置

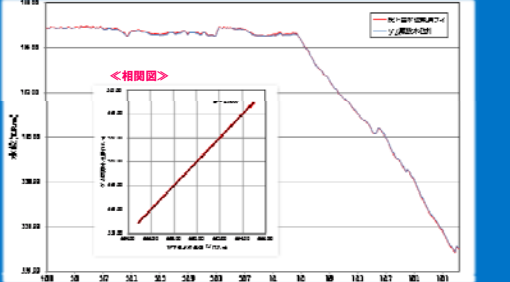


④設置後・観測開始

2) 観測された水位データ

訓練終了後、データ取得のため約3か月間連続運用されました。ダム既設水位計と比較しても、良好な相関が得られました。

投下型水位観測パイと相関ダム既設水位計の水位比較



データ提供: 利根川水系砂防事務所
利根川ダム統合管理事務所

3) 訓練終了後の回収

■訓練終了後3ヶ月程度水位観測状況の確認を行い、その後水位観測パイの回収を行った。

■機器回収は、ボート上から人力でワイヤー付フックをケーブル伝いに沈下させて、ケーシング部に引っ掛け引き上げを行った。



ボート上からの引き上げ



観測中



回収された水位観測パイ

資料提供: 利根川水系砂防事務所・利根川ダム統合管理事務所

まとめ（技術の効果）

土研式投下型水位観測パイの開発により・・・

- これまで、災害発生後1週間~1ヶ月程度を要していた天然ダム水位観測の開始が、1日~数日程度で開始できる。
- 設置作業時における二次災害遭遇リスクを解消できる。
- 維持に要する費用を大幅に軽減できる。

天然ダム発生後の防災戦略が劇的に迅速化し、住民・工事関係者の安心・安全確保に貢献することができます。

今後、大規模土砂災害対策用ツールとして事前整備されることが望まれます。

■参考文献等

- ◇ 独) 土研研究所 火山・土石流チーム(2008): 天然ダム監視技術マニュアル(案)
- ◇ 山越・伊藤ら(2009): 「河道閉塞緊急監視のための土研式投下型水位観測パイ」、平成21年度砂防学会概要集
- ◇ 東北地方整備局・記者発表資料(2008/7/5): 平成20年岩手・宮城内陸地震により発生した河道閉塞(天然ダム)箇所の湯浜地区の水位観測について

■問い合わせ先

- ◇ 独) 土研研究所土砂管理グループ 火山・土石流チーム
茨城県つくば市南原1-6 電話: 029-879-6785
- ◇ 楳拓和 企画室
東京都千代田区内神田1-4-15 電話: 03-3291-5873