

施工方法提案型方式による水無川3号砂防えん堤 スリット工事について

国土交通省 雲仙復興事務所 ○濱 功一¹

By Koichi Hama

雲仙復興事務所では、雲仙・普賢岳の溶岩ドーム崩落による危険性が高い水無川上流域において、工事従事者の安全を確保するため、平成6年度から遠隔操作による無人化施工により砂防工事を実施している。当初、除石工事から始まった無人化施工は、その後、GPSによる出来型管理システムをはじめとして多くの技術開発が行われ、RCC工法による砂防えん堤の建設にまでその適用範囲を広げてきた。無人化施工により、これまでに水無川1号及び2号砂防えん堤が完成し、噴火当時と比べると地域の安全性は飛躍的に向上した。しかし、水無川上流域には依然として大量の火山堆積物が不安定な状態で存在しており、更なる安全性向上のため、無人化施工としては世界で初めて鋼製スリットを使用した水無川3号砂防えん堤の建設を行った。しかし、これまでの無人化施工では、今回工事の核となるスリットの運搬・据付及びこれを固定するためのコンクリートの運搬・打設などの施工事例がなく、施工技術が確立されていなかった。そのため、工事の発注に際し、民間の技術力活用を図る「施工方法提案型」の契約方式を採用し、工事を実施した。本論文は、その概要を報告するものである。

【キーワード】VE、新技術育成



図-1 水無川砂防施設計画イメージ図

1 水無川3号砂防えん堤工事の概要

水無川3号砂防えん堤は、水無川2号砂防えん堤

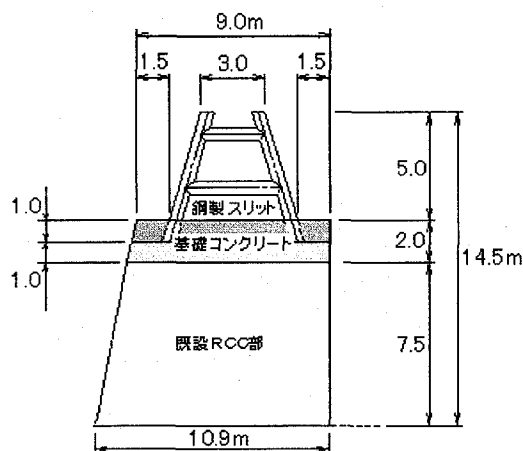
の上流約300mの地点に計画され、その上流域には巨石が多く分布しているため、水無川流域では初めて、捕捉容量の確保に優れた鋼製スリット砂防えん堤を採用した。鋼製スリット砂防えん堤とは、水通し部に鋼製の柵のようなもの（スリット）を設けた砂防施設であり、中小洪水時にはスリット間を土砂が流下するため、土砂は堆積せず常に空き容量を確保でき、大規模な土石流時には流下する巨石を止め、土石流の威力を弱めることが出来るものである。平成12年度に無人化施工によるRCC工法によるえん堤工事に着手し、平成14年度にはスリット部を施工し完成した。

鋼製スリットの設置工事は、砂防えん堤の水通し部延長100m区間に、鋼製スリット下部の基礎コンクリートを打設し、16基の鋼製スリットを設置するというものである。(図-2、図-3)

* 1 国土交通省雲仙復興事務所砂防課 0957-64-4171



図－2 3号えん堤平面図



図－3 3号えん堤標準断面図

2 施工方法提案型

(1) 評価項目

今回の工事で、施工方法提案型の採用に至った理由は、概要にも書いたとおり無人化施工による技術が確立されていなかったからであるが、そのため以下の工種について施工方法の提案を求めた。

- ・スリットの運搬・据付
- ・コンクリートの運搬・打設
- ・型枠（妻部含む）の運搬・据付

(2) 具体的方法

具体的には、提案された3つの評価項目を、無人化施工できるかどうか判定し、要件を満たした者のうち、最安価となる提案を標準案として官設計を作成し、その予定価格の範囲内で、競争入札を行う。さらに、

- ①入札価格が、予定価格の範囲内であること。
- ②提案範囲以外（既開発技術）の施工内容が一定のレベル以上であること。

というような要件を満たす入札者のうち、見積金額が最安価である企業を落札者とする。

(3) スリット工事の標準工法

提案された施工方法をもとに、次のような標準工法を定めた。

①スリットの運搬・据付

運搬は重ダンプトラックにより行い、据付はバックホウ（把持装置付）により行う。

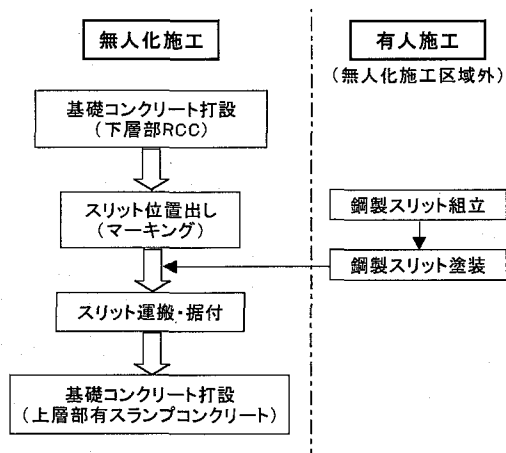
②基礎コンクリートの運搬・打設

下層部をRCC、上層部を有スランブコンクリートによる施工とし、有スランブコンクリートの運搬は品質確保のためアジータ機能付きトラックで行い、打設はポンプ車で行う。

③型枠の運搬・据付

上下流側は土砂型枠とし、妻型枠は転用または埋設できるものでバックホウ（把持装置付）により設置する。

これらの標準工法をもとに、図－4のようなスリット工事の施工フローを設定した。



図－4 スリット工事施工フロー

3 新たな技術開発の概要

(1) スリットの位置出し

スリット据付位置のマーキングについては、無人測量システムで位置を計測し、マーキング機構を搭載した無人バックホウにより行った。マーキングは、スリット据付の精度向上を図るため、1基のスリットにつき4箇所ずつ行った。

(2) スリットの運搬・据付

運搬については、45 t ダンプトラックの荷台を取り外し専用の運搬架台を取り付けた無人スリット運搬車により行った。運搬架台には、走行中にスリットがズレ落ちたりすることのないよう遠隔操作で開閉可能な転倒防止装置を取り付けた。また、バックホウでスリットを把持しつり上げる際にスリットを傷つけることのないよう後方にスライド機構を取り付けた。

据付については、専用の把持装置を搭載した4.0 m³ 無人バックホウにより行った。(写真-1) 把持装置は0～90度の範囲で回転させることが可能である。作業は1日当たり2基のペースで実施した。また、本施工を前に有人施工区域において据付作業を反復して実施し、据付精度の向上を図った。

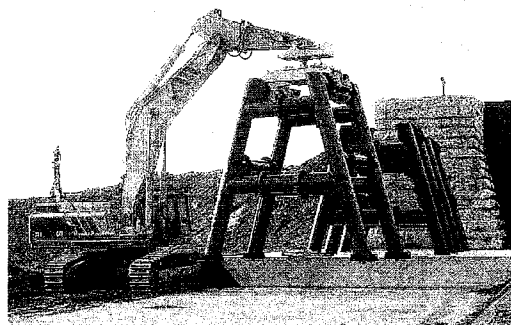


写真-1 スリット据付状況

(3) 有スランブコンクリートの運搬・打設

スリットの根入れ部となる基礎コンクリートについては、無人化で施工するために自己充填性と自己レベリング性に優れたコンクリートが必要であり、高流動コンクリートを採用した。

運搬については、45 t ダンプトラックを改造した無人コンクリート運搬車により行った。搭載したタンクは材料分離を防止するためのアジテータ機能を有するものである。

打設については、無人化施工により行うため、打ち直すことができない。そこで、品質・出来形・施工性など工事全体の妥当性検証のため、有人施工区域において原寸モデル(12.2 m×6.2 m、高流動コンクリート70 m³)の試験施工を実施した。その結果、以下のような問題が見られた。

- ・ポンプ車の筒先から打設範囲端部まで約6 mあるが、コンクリートの流動距離が4 mを超えると材料分離が大きくなる。(採取したコアより分離状況を確認。)
- ・打設完了時、表面に高低差(最大20 cm)があり、高流動コンクリートの自己レベリング性能のみでは天端の十分な平坦性が得られない。
- ・打設中、妻型枠(鋼製)が移動した。(型枠底版からコンクリート漏れが発生したため、底版面の摩擦抵抗が小さくなり、滑りやすい状態になった。)
- ・スリット脚底版下にエアーが残る。(アクリル版により目視確認。)

これらについて、発注者側と受注者側とで幾度となく議論を行い、それぞれ以下のような対策を立て、再度、試験施工を実施した。(写真-2)



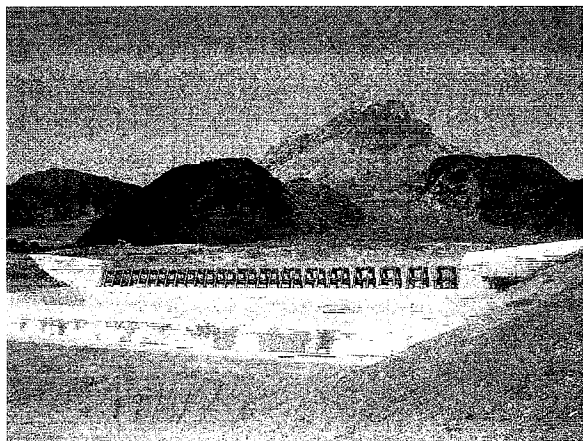
写真-2 試験施工状況

- ・ポンプ車および筒先を移動させながら打設することにより、コンクリートの流動距離を短くする。
- ・バックホウにコテを取り付け、天端押さえを行うことにより、打設面を上下に振動させ、高流動コンクリートの自己レベリング性能を向上させる。
- ・1.5 m³ バックホウ(40 t)を配置し型枠を押さえる。また、コンクリート漏れ防止のため、型枠底版面にスポンジを取り付ける。
- ・ポンプ筒先を移動させ、スリット脚付近へ筒先がいくような打設を行う。

その結果、全ての項目について満足のいく結果が得られたため、本施工を実施することとした。

ポンプ車については、4 t 車ベース、ブーム長16

mのものを改造し、ブーム操作、ピストン操作およびエンジン回転数を遠隔操作可能にした。移動は16 t 無人ブルドーザによる牽引とした。



水無川 3 号砂防えん堤全景

4 おわりに

今回の工事において、鋼製スリット据付については、マーキング位置やカメラ配置の工夫および据付作業を反復して実施したことによるオペレータの熟練により、水平方向の平均値で16 mm、鉛直方向

の平均値で18 mmという精度で行うことができた。また、高流動コンクリート打設については、二度の試験施工を実施した結果、全ての問題を解決することができ、天端の高低差を平均値で59 mm(スリットの根入れを確保するため、+側を目標とした。)という精度で仕上げることができた。

これらを可能にしたのは、従来の技術を踏まえて開発された新しい技術によるものであり、平成6年度から約10年をかけて雲仙で官民一体となり進めてきた無人化施工技術の結実である。これにより、水無川流域の安全性はさらに向上しただけでなく、今後の我が国の無人化施工適用範囲を大きく広げたとと言える。

しかし、今後、施工箇所がさらに上流に移っていくにつれ、より危険性は増し、施工条件は益々劣悪になる。施工管理に伴う測量など、現在は有人で行っている作業についても、無人化施工で行えるか検討する段階を迎えたと思われる。今回の新たな技術開発を踏まえ、より一層の技術開発に積極的に取り組み、また、「施工方法提案型」などの契約方式を用い、官民一体となって完全な無人化施工を目指していきたい。

Outline of Construction of Mizunashi River No.3 Sabo Dam using the steel slit

By Koichi Hama

At Unzen Restoration Project Office, the sabo-work is carried out by Unmanned Construction System in order to ensure the safety of the construction employee in the upper Mizunashi River since 1994. By Unmanned Construction System, Sabo Dams of Mizunashi River No.1 and No.2 were completed until now, and the safety of the region was rapidly improved in comparison with those eruption days. However, the still large volcano sediment in the upper Mizunashi River basin existed in the unstable condition. So Mizunashi River No.3 Sabo Dam using the steel slit was constructed for the first time as Unmanned Construction System in the world. However, there are no construction cases such as Unmanned Construction System of Sabo Dam using the steel slit, and the construction technology has not been established. Therefore, the contract system of "construction technique proposal" was adopted, and the construction was carried out. This paper reports the outline of Construction of Mizunashi River No.3 Sabo Dam using the steel slit.