

# P 58 袖部掘削が困難な地盤における砂防ダムの設計施工 — 打込鋼矢板と地盤改良を用いた提体の施工 —

国際航業株式会社 ○難波 昭男  
滋賀県木之本土木事務所 伏木 栄治

## 1. はじめに

砂防ダムの多くは重力式の構造物であり、上流側に土砂を堆積させ水位を上昇させる構造物である。そのため、基礎や袖部を十分に嵌入させる必要があり、地盤の悪い場所での施工は困難とされている。特に袖部は斜面上の施工となることから、施工中に掘削斜面が崩壊する事例もある。また、袖部の嵌入が不十分な場合には、提体破壊におよぶ恐れもある。ここで紹介する事例は、特に脆弱な地盤を有し施工が困難であると予想された箇所において、斜面掘削を全く必要としない工法の検討を行い、施工を実施したものである。

## 2. 施工場所の概要

本業務の対象とする施設は、滋賀県高島郡高島町大字畑に位置する、土石流危険渓流である淀川（琵琶湖）水系鴨川左支溪ここみ谷である。流域の特徴としては、上流から中流部にかけて急峻な地形を呈し、下流部に扇状地地形を形成している。下流部の扇状地は開発が進行し、田畑や住宅として利用されている。流域の荒廃状況や現状における土砂整備率から土石流対策施設の建設は急務とされている。

また、流域内の地質は、丹波層群と領家花崗岩との境界付近に位置し、流域上中流部は丹波層群が広く分布しているが、今回施設を検討する付近は高島類層からなる。この高島類層は、古琵琶湖層群の最上位の地層で砂礫から構成されており、堆積時代が新しいため、未固結から半固結の締まりの悪い脆弱な土層である。

## 3. 施設計画の策定

中上流部の急峻な地形で砂防ダム等の施設を建設することは、整備コスト（費用／効果）が高価となる。そのため、最大限下流側で土石流対策施設を検討し、経済性や安全性を確保できる施設の建設を実施した。流域の下流部における施設配置を検討するため、地形条件を考慮して数カ所を砂防ダムの候補箇所とした。地表踏査やボーリング調査の結果、今回計画したダムサイトの右岸が地盤条件に問題があることが判明した。その地盤は脆弱な表層部と丹波層群の基盤から構成されている。表層部はシルト分を多く含む砂質土があり深さ3m～8m程度であり平均N値が5程度である。さらに深部の基盤上位は軟岩Ⅱ程度の強度でN値は50以上の

さらに、今回計画した地点では1基のダム工で流域内の整備が図れるのに対し、その他のダムサイトでは、地形的要因からダムの高さに制限があり、3基のダム工が必要となることが判った。検討ケースとして今回計画地点での対策検討とダム工を3基用いた場合の2ケースを行い、さらに各ケースで最も経済的になるように比較を試みた。比較の結果、ダム3基を用いた場合を100%とすると、掘削を必要としない打込鋼矢板と地盤改良を用いた提体案が71%程度で施工でき、最も安価に流域を整備する工法が、掘削を必要としない打込鋼矢板と地盤改良を用いた提体案（鋼矢板案）となった。

## 4. 打込鋼矢板と地盤改良を用いた提体の施工概要

この工法の特徴は、掘削を行わないで従来のコンクリートダムと同様な施設効果を発揮できることである。また、作業ヤードを設置することで、端部の鋼矢板の施工を可能にし、従来ダムの施工に使用していた重機で施工を実施できる。施工は鋼矢板を圧入により打設する。鋼矢板で囲まれた脆弱な地盤を地盤改良することによって、脆弱な地盤を疑似重力式躯体として考慮できる。そのため、確実な支持地盤まで躯体が存在するから地盤の支持や袖抜け等の問題がない構造となる。砂防施設としてこのような構造を有する実績はなく全国でも初めての試みとなる。類似する構造として、鋼製ダブルウオール構造や鋼製セルダム構造のダムがあるが、ともに掘削後に建て込む施設である。

## 5. 施設の詳細設計（鋼矢板部）

鋼矢板部は下部を地盤改良し、良質な中詰め材を用いるため疑似重力式構造物として取り扱うことができる。提体に作用する荷重は、従来のコンクリートダムに作用する荷重と同様に考慮する。さらに、上流側に荷重が作用しない場合には、鋼製部はマス構造であるから中詰め材による内圧が作用することとなる。また、右岸斜面方向の荷重については、鋼製部長辺方向にあたり中央部のコンクリートがあるため、荷重としては考慮しない。

### 5.1 安定計算

安定に関する条件は、従来のコンクリートダムと同様に考慮して以下のとおりとした。

- ① ダムの自重および外力の合力の作用線が、底部の中央 1/3以内に入ること。
- ② ダム底と基礎地盤との間で滑動を起こさぬこと。せん断強度（提体または基礎地盤のうち小さいほうのせん断強度）を無視して、安全率1.2以上とする。
- ③ ダム内に生ずる最大応力が材料の許容応力を越えないこと。地盤の受ける最大圧が地盤の許容支持力以内であること。

安定計算の結果、前述した構造で十分安定を図れる構造であると確認できた。

### 5.2 構造計算

構造の検討は、最初に地盤改良の検討を行い、次に中詰め材による鋼矢板（上部）の補強の検討を行った。

### 5.2.1 地盤改良の検討

地盤改良工法の選定にあたっては改良目的、改良対象土質、施工条件等の諸条件を考慮し、経済的な工法を選定する必要がある。今回対象となる改良範囲（改良深度8m）を考慮すると、深層混合処理工法の選択が不可欠であると判断できる。このうち、施工条件（簡単な足場仮設、鋼矢板への密着性など）を考慮して高圧噴射攪拌工法を選択した。高圧噴射攪拌工法には、SMM工法（高圧噴射攪拌単管工法）とJSG工法（高圧噴射攪拌二重管工法）があり、後者は高価な改良工法であるが、地盤の盤膨れの影響の少ないため、これを採用した。なお、改良体の強度設定には、内部摩擦角35度以上と設定し、改良体は正規配置で改良を実施した。

### 5.2.2 鋼矢板部（上部）の補強

鋼矢板で囲まれた上部には、建設残土のうち良質な土砂（内部摩擦角35度程度）を中詰め材として使用するため内圧が発生する。その内圧による変位を発生させない構造とするために鋼矢板を補強する。補強に際し、種々多様な補強方法が存在するが、ここでは、鋼矢板ウォールで実績のあるタイロッドと腹起し材を用いる手法を採用し最適な補強を行う。鋼矢板の補強を考慮するに当たり、鋼矢板内部の荷重として内部の土圧、さらには、残留していると推測される水圧について考慮することとした。

## 6. 採用工法の構造図

採用した工法の構造図の正面図ならびに平面図を以下図-1、図-2に示す。

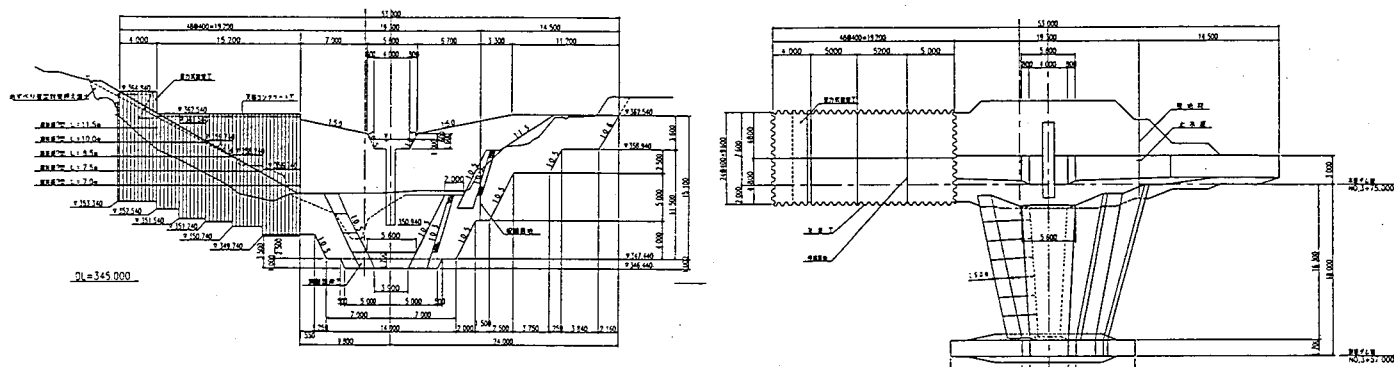


図-1 本提正面図(S=1:600)

図-2 堰堤平面図(S=1:600)

## 7. おわりに

本件で発表した事例は、砂防では例のない打込鋼矢板（セル構造）と地盤改良を併用する工法を採用した。これにより従来工法と同様の機能を持ち、地盤掘削を全く行わないという条件下での施工を可能にした。本件の工法は、経済性についても良好な工法でだけでなく、砂防ダムの施工事例としては特異であり、今後様々な条件の施工への応用が期待される。特に地すべり地域などでは、斜面下端の掘削は安全率の低下につながることから本件の工法が有効であり、堤体自体を押え盛土として考え地すべりの対策工として位置づけることも可能である。

なお、ここみ谷での施工に関して建設コストの縮減率と反省すべき点を整理すると共に施工可能な条件を以下に記載する。

### ①建設コスト縮減率

従来地盤が悪くダムサイトの変更を余儀なくされて建設コストが高くなるどころ、その70%程度の建設コストで整備可能とした。

### ②本現場での反省すべき点

地盤改良の改良汚泥が建設廃材として発生した。改良汚泥を固結後粉碎し、中詰め材として用いることも可能であるが、その場合にはストックヤードの確保が必要となる。

### ③施工可能な条件

鋼矢板が打設可能な地盤であり、地盤改良が可能な地盤であることが必要条件となる。地盤改良工法（強制改良以外の工法も選択可能）や矢板打設工法（打込み以外の工法も選択可能）には多様な工法があるので、広範囲な地盤条件下の施工が可能である。

## 謝 辞

本事業を進めるにあたって、京都大学の小橋澄治名誉教授には事業の実施にあたり御指導をいただき記して謝意を表します。また、資料提供して頂いた株式会社大山建設末武氏ならびに小野田ケミコ株式会社阿部氏に謝意を表します。

## 参考文献

- 鋼製砂防構造物設計便覧 財団法人 砂防・地すべり技術センター
- 道路橋示方書・同解説 日本道路協会
- 道路土工軟弱地盤対策工指針 日本道路協会
- 地盤改良工法便覧 日本材料学会
- 地盤改良のトラブルの要因とその対策 土質工学会（現地盤工学会）