

ダム貯水池内における地すべり対策工事

大滝地区地すべり対策工事

芦田 徹也・船迫 俊雄・大友 充

大滝ダム建設事業の一環である本工事は、大滝ダム貯水池内の大滝地区の地すべり対策工事であり、ダム貯水池を貯水した場合に斜面の安定性が低下するため行ったものである。地域住民の不安解消と大滝ダムの早期運用のために、一刻も早い工事の完成が求められた。地すべり対策工事は、抑制工と抑止工に分類される。抑制工はダム貯水池内で浚渫し、水中不分離性コンクリートで置換え、さらに鋼管矢板による仮締切、水替後、CSG (Cemented Sand and Gravel) 盛土を行う。抑止工は、CSG 盛土上部の斜面に鋼管杭を設置する。

本稿では、抑制工および抑止工の内容について紹介する。

キーワード：ダム貯水池、地すべり、水中不分離性コンクリート、CSG、鋼管杭

1. 大滝地区地すべり対策事業の経緯

大滝ダムは奈良県吉野郡川上村(図-1参照)に位置し、1959年の伊勢湾台風により紀の川流域に発生した被害を契機に事業が開始している。

2002年にダム本体が完成し、2003年に試験湛水を開始したところ、ダム貯水池内の白屋地区にて家屋の壁や道路、地面などに亀裂の発生が確認された。この白屋地区の地すべり対策工事は2005年に施工を開始し、2009年に完了している。



図-1 位置図

また、白屋地区の亀裂現象を踏まえ、2005年に設置された「大滝ダム貯水池斜面再評価検討委員会」では、大滝地区においても地すべり対策が必要であるとの結論に至っている。

これらの経緯を受け、大滝地区地すべり対策工事が2008年に総合評価落札方式(標準型)にて発注された。

2. 全体工事概要

工事名：大滝地区地すべり対策工事

発注者：国土交通省近畿地方整備局

工事場所：奈良県吉野郡川上村大滝地先

工期：2008年9月5日～2011年12月28日

表-1に主要工事数量を示す。

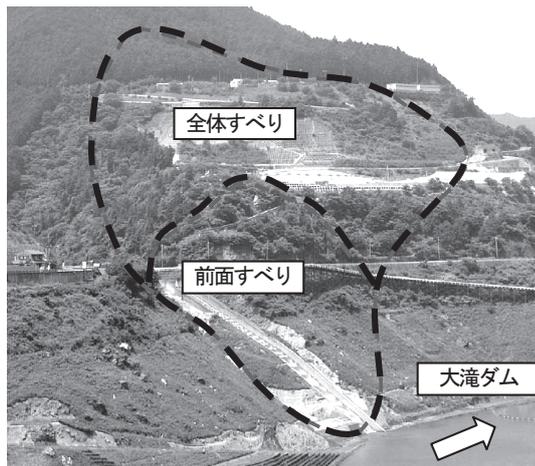
表-1 主要工事数量

工種	種別・細別	仕様	数量
抑制工	置換工(浚渫)		25,300 m ³
	置換工(水中コンクリート)	24-50-20BB	24,550 m ³
	CSG盛土工	配合強度 2.6~5.1 N/mm ²	224,800 m ³
抑止工	鋼管杭工	φ800 t=47.23 mm	64本
		L=33.5~55.5 m	
構造物	鉄筋構造物撤去	水中	1,100 m ³
撤去工	鋼製布団かご撤去	水中	2,600 m ³

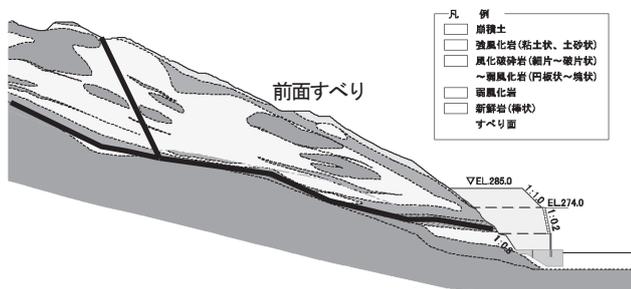
3. 地すべり概要

写真一1に大滝地区の地すべり斜面の全景を示す。地すべりは、全体すべり（土塊体積約500万m³、幅約250m、奥行700m、層厚50～60m）と前面すべり（土塊体積約100万m³、幅約150m、奥行250m、層厚40～60m）が想定されている。このうち前面すべりに対する斜面の安全率を確保することで、全体すべりに対する安全性も確保する。なお、対策工の計画安全率は、抑制工で1.05以上を確保し、抑止工を加えた全体で1.15で計画されている。

地すべり箇所の地質は、泥質岩及び緑色岩の互層で、チャートや石灰岩がブロック状に混在している。また、深度50～60mの新鮮岩に達するまで亀裂が発達し、部分的に角礫化、細粒化、粘土化等が見られ、風化が進行している。特に粘土化が進行した強風化岩の層に沿って、地すべり面の形成が確認されている（図一2参照）。



写真一1 地すべり全景



図一2 風化区分断面図

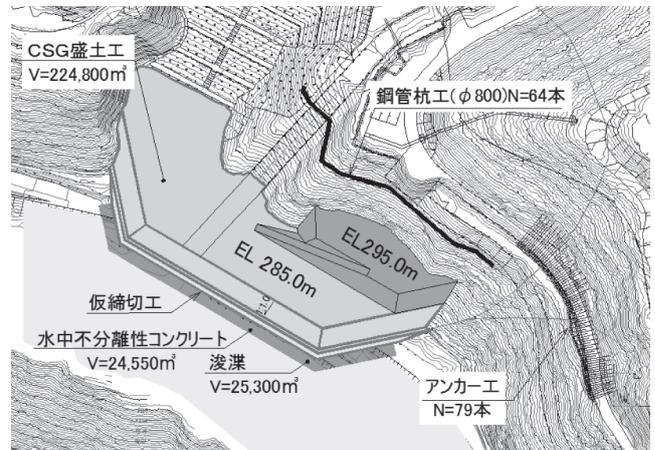
4. 地すべり対策工事概要

抑制工は、ダム貯水池内を浚渫し構造物を撤去し、水中不分離性コンクリートにて置換えながら鋼管矢板によって仮締切を設け、締切内部を水替え後に CSG

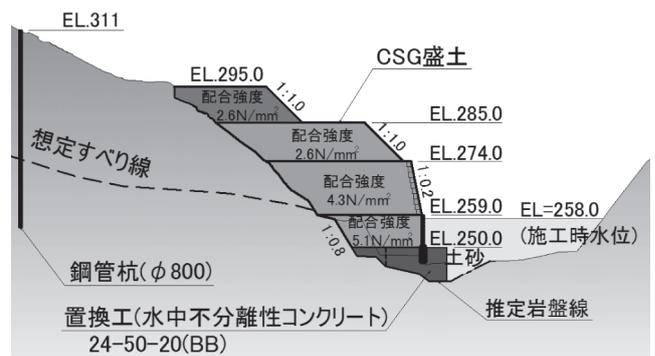
盛土を行う。

一方、抑止工では、斜面上部に仮設構台を設置し、これを利用して鋼管杭を設置する。

図一3、4に対策工の平面図および断面図を示す。



図一3 対策工平面図



図一4 対策工断面図

5. 本工事における課題と対策

本工事の最大の課題は、ダム貯水池内での通年施工による「出水時のリスク管理」と、地域住民や施主から要請された「工期の遵守」であった。

(1) 出水時のリスク管理

施工時のダム貯水池の貯水位はEL258であったが、工事着手以降40ヵ月間に水位上昇3m超の大出水が7回、水位上昇1～3mの小出水が24回発生した（写真一2、3）。特に、2011年9月の台風12号では、水



写真一2 通常時



写真一3 出水時

位が29 m上昇し、約1ヵ月施工箇所が水没した。

施工中は、ダム貯水池内への資機材の流出防止および作業員の安全確保を目的として管理した。主に、国土交通省「川の防災情報」などを活用し、過去のダム貯水池の水位と雨量、ダム放流量などの相関関係を把握した。さらに、発注者である国土交通省、上流の大迫ダムの管理者である農林水産省と出水時の情報を共有し、WEBカメラによる水位上昇の確認、緊急避難用放送マイクを設置等、出水時に迅速に退避できる体制を構築し3度の出水期を乗り越えた。

(2) 工期の遵守

工事のクリティカルは抑制工であったが、工程管理上、以下の課題があった。

- ①出水が予想されるごとに、工事を中断し、設備・機械を退避させる必要があり、稼働率低下が著しい。
- ②水中部の既設構造物が当初想定より大量に存在し、加えてダム貯水池の水中の視界が数十 cm と施工条件が悪かったため、撤去に手間取る。
- ③CSG盛土の運搬ルート of 工事用道路幅員が狭く、重ダンプが採用できない。

対策として、①の工事期間中の出水については、過去の統計より稼働率を事前に推定し、工程余裕を設定した。

②の水中構造物の撤去については、ワイヤーソー、水中ブレイカ等の解体工法を駆使して効率を向上させるとともに、後工程の水中不分離性コンクリートにおいて、ポンプ2台施工で、工程回復を図った。

③のCSG盛土の運搬方法については、高低差70 mの斜面にCSG直接搬送設備を適用することで運搬効率を向上させ、CSG盛土の急速施工を図った。

6. 施工実績

(1) 抑制工

(a) 浚渫

浚渫は、100 t クレーン台船及び土運船2隻、曳船2隻の組合せで行い、4 m³ 級大型グラブバケットを主に、狭隘部や斜面部には1 m³ グラブバケットを併用した。

浚渫土は土運船に積込み、曳船にて約1.2 km 上流の船舶基地用栈橋まで曳航し、栈橋上でバックホウにて揚土した。浚渫後、サンドポンプ(φ150)およびエアリフト(φ150)を併用して、岩盤面が確認できるまで岩盤清掃を行った。

なお、今回使用した台船は、陸路にて運搬可能な組

立式台船を採用した。クレーン台船は、ダム貯水池内で台船ユニットを連結して組立し、完了後、クローラクレーンを台船上に自走させて搭載した。組立は、船舶基地用栈橋を利用した。

(b) 構造物撤去工

置換工を行う施工場所は、旧国道に面しており、かつダム本体建設のための仮設ヤードであった。このため、数多くの既設構造物が存置され、これらの撤去を浚渫と平行して行った。このうちSRC構造の潜水橋床版を水中ワイヤーソーにて撤去した。また、無筋構造物については、水中大型ブレイカで撤去した。

浚渫および構造物撤去状況を写真—4に示す。



写真—4 浚渫および構造物撤去状況

(c) 水中不分離性コンクリート

水中不分離性コンクリートは、プラントから出荷したベースコンクリートを現場内で場内運搬車両に移し替え、現場内に設置した添加設備で水中不分離材を添加し攪拌して製造した。水中不分離性コンクリートは、打設時期が2月から8月と気温が著しく異なるため、室内試験(コンクリート温度5~33℃)より温度に応じた配合を決定した。

浚渫完了時の深浅測量結果では、岩盤面の凹凸が大きく、型枠を精度よく設置することが困難であったため、均しコンクリートを打設した。

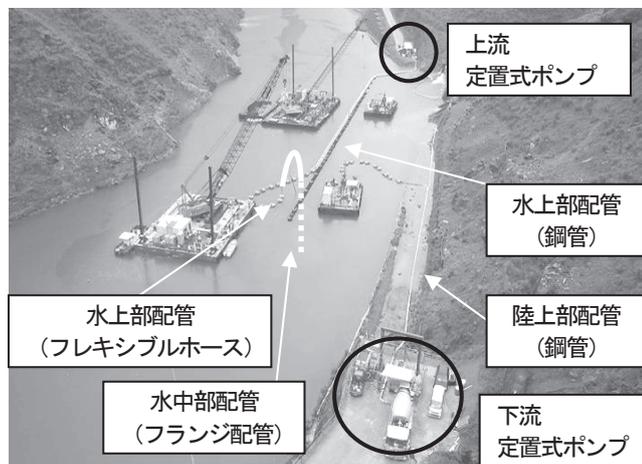
型枠は、当初は、コンクリート製のプレキャストL型擁壁にて計画したが、凹凸や傾斜形状の地形のため加工可能な鋼製型枠を使用した(写真—5)。また、型枠を幅6 m × 高さ3 m に大型化することで型枠の設置回数が減少でき、工程短縮に貢献した。



写真—5 使用型枠

圧送は大容量定置式圧送ポンプ（最大前面圧22 MPa）を使用し、配管は地上部では鋼管（φ125 mm、最大水平換算距離約200 m）を、水上部ではフロート上に固定したフレキシブルホース（一部鋼管）を使用した。また、水中部はクレーンにて揚重して打設を行うため、フランジ配管を使用して圧送した。打設位置では台船上に設置したクレーンにてホースを移動させながら、潜水士により筒先を誘導した。

圧送ポンプは、工程短縮を図るため、上、下流に2台配置して打設した（写真一6）。水中不分離性コンクリート施工時の使用クレーンは、当初計画の100 t吊、50 t吊の2台に加え、小回りの利く小型クレーン（2.9 t吊）を2台追加し、合計4台のクレーン台船を投入して工程の短縮を図った。



写真一6 打設状況 (2台同時施工時)

(d) 仮締切

仮締切は、先行して単杭で設置する基準杭と、その間に後で差込む鋼管ユニットで構成される。基準杭は基準杭用さや管をコンクリートに固定し、この管内部に下端を建込んでさや管と基準杭の隙間を水中不分離性モルタル（水中不分離性コンクリートから粗骨材を抜いた配合）で充填し、固定する。基準杭下部を水中不分離性コンクリートで根巻きした後に、鋼管ユニッ



写真一7 仮締切施工状況

ト下部までコンクリートを打ち上げ、鋼管ユニットを基準杭をガイドとし、基準杭と基準杭の間に一括で架設する。これにより、止水性の向上と工程の短縮を図った（写真一7）。

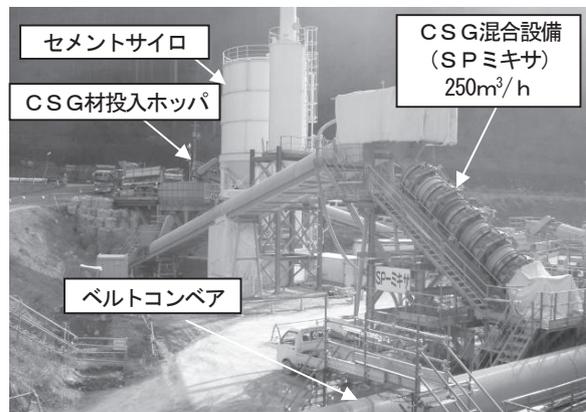
(e) CSG 盛土

① CSG の概要

CSGとはコンクリートと同様に材料を示す用語であり、Cemented Sand and Gravelの略称である。工事地点近傍で得られる土石にセメントと水を加えて混合した材料で、これを振動ローラにより締固めて盛土する。CSGの物性は、コンクリートが弾性体、フィルダム材料が塑性体に対し、CSGは弾塑性体であり、強度、弾性係数ともコンクリートより1桁小さい材料である。

② CSG 製造・搬送設備

CSGは、CSG混合設備（SPミキサ）で、CSG材（土砂）・セメント・水を攪拌混合して製造（製造能力250 m³/h）した（写真一8）。製造したCSGは、高低差70 mの斜面に設けたCSG搬送設備（ベルトコンベア・SP-TOM）を経由し、材料分離を起こすことなく施工箇所まで直接搬送した（写真一9）。その結果、大量輸送（ダンプ運搬の約2倍）が可能となり、品質を低下させずにCSG盛土の高速施工を可能とした。



写真一8 CSG製造設備



写真一9 CSG搬送設備

③施工方法

CSGの施工フローを図-5に示す。

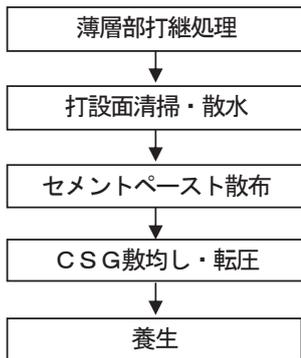


図-5 CSG 施工フロー

CSG搬送設備で運搬したCSGは、0.8 m³級バックホウで11 t積キャリアダンプに積込み、盛土箇所まで運搬する。その後16 t級ブルドーザにより1層25 cmで3層敷均し、11 t級振動ローラ（両輪振動タイプ）で1リフト75 cmを転圧した。転圧回数は、試験施工の結果から、無振動2回+有振動6回とし、振動ローラにGPSを設置し、リアルタイムに転圧状況の管理を行った。

CSGの施工は、平均日打設量850 m³ / 日、日最大打設量1,600 m³を確保し、全体224,800 m³を約14ヵ月で打設を完了した（写真-10）。



写真-10 CSG 施工状況

(2) 抑止工

(a) 鋼管杭用構台

鋼管杭の施工用構台は、LIBRA（リーブラ）工法を採用した。構台の平面図を図-6に示す。

LIBRA工法は、栈橋の工場加工された上部工を予め平場でパネルとして組み立て、天秤式の斜張式設備で設計位置に固定し、そのパネルを、支持杭を打ち込むための導材として使用し、支持杭の鋼管を、拡径式のダウンザホールハンマで硬質地盤（岩盤）に削孔と同時に直接打ち込むものである。従来の方法で工程、安

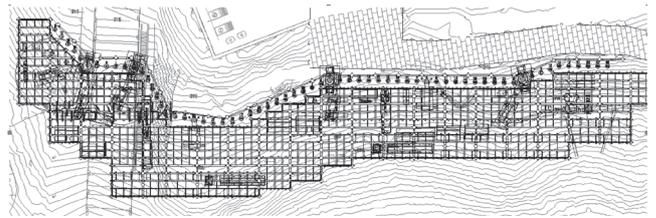


図-6 鋼管杭用構台



写真-11 LIBRA 工法施工状況

全上の制約となっていた斜面上、高所作業などの現場条件の影響を低減でき、安全かつ高速に施工を行えた。

構台は、鋼管杭施工の重機の離合や、鋼管杭等の搬入資材の仮置きなどで、幅16 mを基本とし、約3,800 m²の作業ヤードの設置に約1年を要した（写真-11）。

(b) 鋼管杭

鋼管杭は、図-7に示すフローで施工を行った。

鋼管杭施工時の主な機械編成は、全周回転式オールケーシング用の80 t級クローラクレーン、ダウンザホールハンマ用の三点式杭打機、杭建込用の150 t（もしくは120 t）級クローラクレーンを一班とし、工程短縮のため、二班編成で施工した。

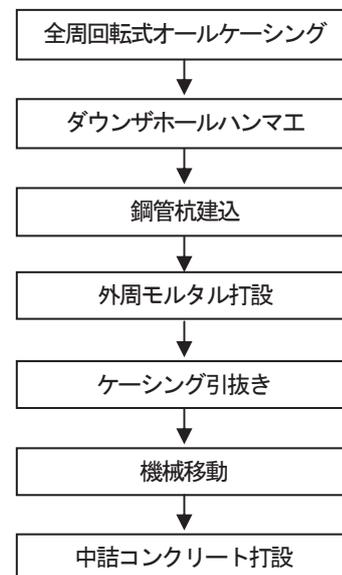
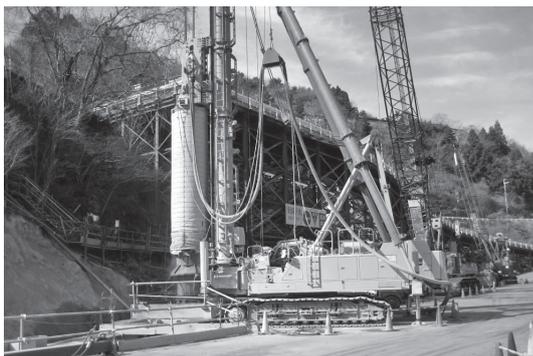


図-7 鋼管杭施工フロー

削孔方法は、当初すべての地質で全周回転式オールケーシング工法が計画されていたが、硬質岩層の削孔が不可能と判断し、ダウンザホールハンマ工法を併用する方法とした。削孔径は、全周回転式オールケーシングがφ1,200 mm、ダウンザホールハンマはφ1,060 mmとした。ダウンザホールハンマは大口径のクラスタードリルを採用した。全周回転式オールケーシングの施工状況を写真—12、ダウンザホールハンマの施工状況を写真—13に示す。



写真—12 全周回転式オールケーシング施工状況



写真—13 ダウンザホールハンマ施工状況

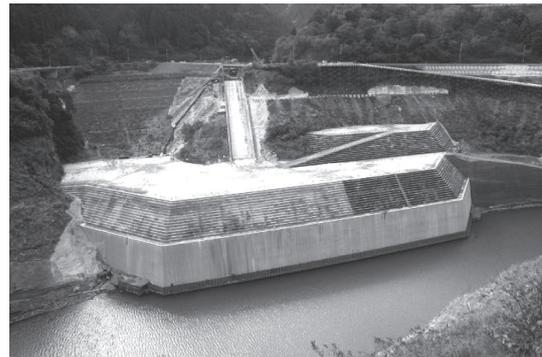
鋼管杭建込み後、外周モルタルを打設し、ケーシングを引抜き、全周回転式オールケーシングマシンを移動し、中詰コンクリートを打設した。

なお、鋼管杭は高規格厚肉仕様（47 mmまたは23 mm）で、継手が当初はすべて現場溶接となっていた。

た。厚肉で溶接作業の工程への影響が大きいため、全箇所機械継手に変更した（図—8）。

7. おわりに

本工事は施工条件、工程面とも非常に厳しい工事であった。さらに、施工箇所は斜面の上下で抑制工、抑止工の施工を行うため、日々、綿密な上下作業の作業調整を行い、工事を無事完了した（写真—14）。



写真—14 完成写真

大滝ダムでは、試験湛水を2011年12月15日より開始し、2012年6月19日に貯水池斜面の安全性を確認し、無事完了した。その翌日、和歌山県南部に上陸した台風4号では、たまった雨水を計画的に放流する洪水調節を初めて実施し、昭和40年の事業着手から半世紀近くを経て、初めて治水ダムとして機能した。

近年、既設ダムのリニューアルが増加する中、これらの施工方法および施工実績が今後、同種工事の参考になれば幸いである。

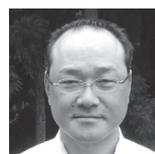
JCMA

【筆者紹介】

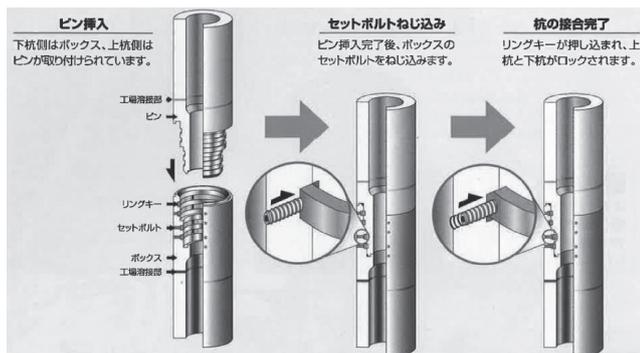
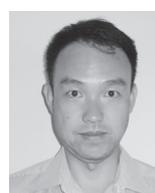
芦田 徹也（あしだ てつや）
鹿島建設株式会社
関西支店 土木部
担当部長



船迫 俊雄（ふなばさま としお）
鹿島建設株式会社
関西支店 赤谷工事事務所
所長



大友 充（おおとも みつる）
鹿島建設株式会社
関西支店 機材部
課長



図—8 機械継手