

ダム湖内における地すべり対策工事の施工実績

森田 真幸¹・芦田 徹也²

¹鹿島建設株式会社 関西支店 赤谷工事事務所 (〒637-0405奈良県五條市大塔町宇井99)

²鹿島建設株式会社 関西支店 土木部 (〒540-0001大阪府大阪市中央区城見2-2-22)

大滝地区地すべり対策工事は抑制工と抑止工に分類され、抑制工ではダム湖内を浚渫し、既設水中構造物を撤去後、水中不分離性コンクリート(24,550m³)で置換え、さらに鋼管矢板による仮締切、水替後、締切内部にCSG (Cemented Sand and Gravel) 盛土(224,800m³)を行い、抑止工では、鋼管杭 (φ800、64本)をCSG盛土上部の斜面に打設し、斜面の安定化を図る。

今回、抑制工のうち、仮締切・水中コンクリート型枠のユニット化による水中作業の効率化及び高低差70mの斜面に設置したCSG搬送設備を利用したCSG盛土の急速施工について報告する。

キーワード ダム湖, 地すべり, 水中不分離性コンクリート, CSG

1. はじめに

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、ダム湖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年に施工は完了している。

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、貯水池内において、亀裂が発生した白屋地区以外の大滝地区及び迫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。

そのため、大滝地区地すべり対策工事(図-2参照)では、ダム湖貯水池内での工事であるが、大滝ダムの早期供用に向けて、出水期を通した施工により、工期を遵守する必要がある。

さらに水中既設構造物の撤去数量の増加やダムの運用見直しによるCSG盛土量の増加により、約6ヵ月の工程遅延が懸念されたため、仮締切・水中コンクリート型枠のユニット化により水中作業の効率化を図るとともに、高低差70mの斜面に設置したCSG直接搬送設備を開発、適用することで、CSG盛土を急速施工したので、その結果を報告する。



図-1 位置図

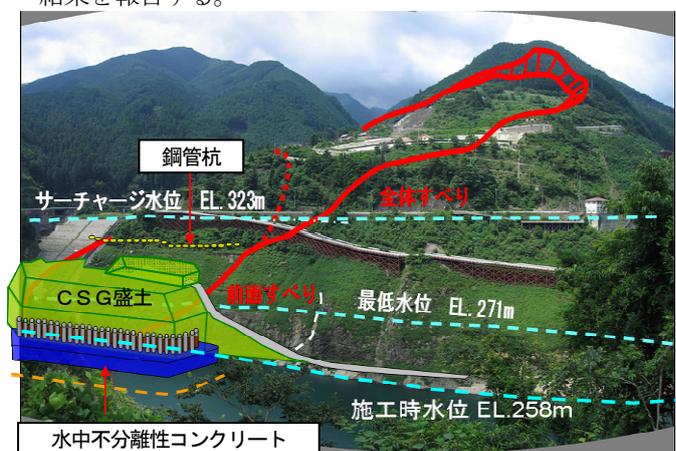


図-2 対策イメージ

2. 工事概要

(1) 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
 施 工 者：鹿島建設株式会社
 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)		25,300m ³
	置換工(水中コンクリート)	24-50-20BB	24,550m ³
	CSG盛土工	配合強度 2.6～5.1N/mm ²	224,800m ³
抑止工	鋼管杭工	φ800t=47.23 L=33.5～55.5m	64本
構造物撤去工	無筋構造物撤去	水中	1,100 m ³
	鉄筋構造物撤去	水中	160 m ³
	鋼製布団かご撤去	水中	2,600 m ³



写真-1 地すべり全景

(2) 地すべりの概要

写真-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 250 m、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 40～60 m）が想定されている。

今回の対策工事は前面すべりを対象に施工を行い、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率も確保する。

なお、地すべりブロックの地質は、泥質岩及び緑色岩の互層となっており、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、風化が進行しており、特に粘土化が進行した強風化岩の層に沿って、地すべり面が形成されていると推定される（図-3参照）。

(3) 地すべり地対策工の概要

図-4・5に対策工の平面図及び断面図を示す。対策工は抑制工と抑止工に分類され、対策工の計画安全率は、抑制工で 1.05 以上を確保し、全体で 1.15 となっている。

本工事は、ダム湖貯水池内での施工となり、施工時のダム湖の貯水位は EL258 となっているが、年に3回は施工時水位より 1 m程度、年2回は 6 m程度、ダム湖の貯水位が増加するため、増水に対するリスク管理が非常に重要な工事となる。

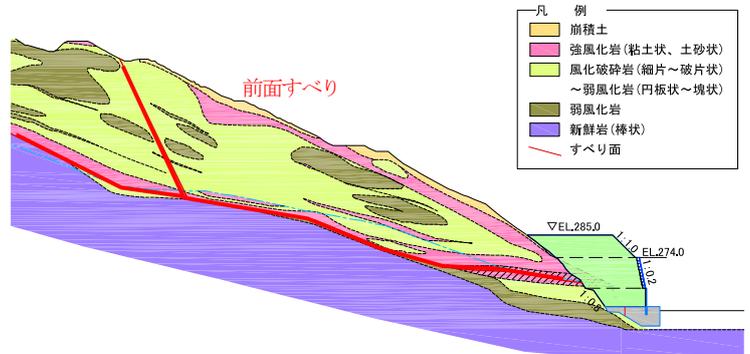


図-3 風化区分断面図

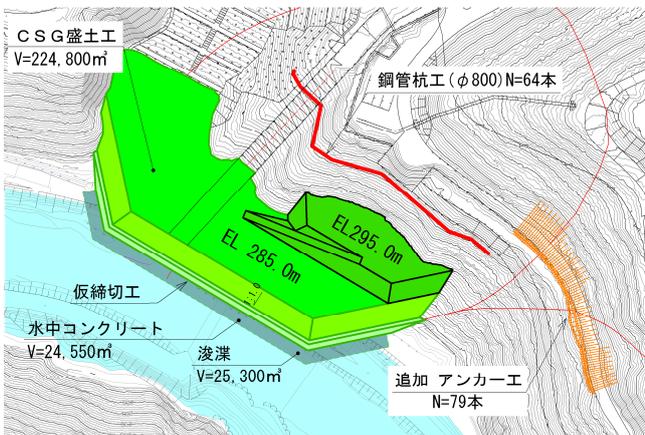


図-4 対策工平面図

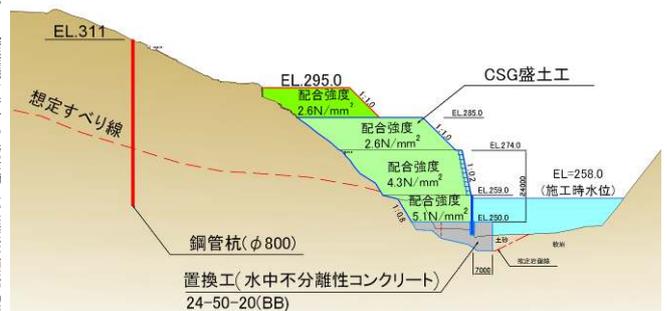


図-5 対策工断面図

3. 仮締切・水中不分離性コンクリート

(1) 水中不分離性コンクリートの配合・製造方法

表-2にコンクリートの仕様、図-6に水中不分離性コンクリートの製造フローを示す。

ベースコンクリートを市中プラントで製造し、現場に設置した移し替え設備にて場内運搬車両へ移し替えを行う。移し替えた車両に水中不分離性混和剤及び流動化剤を添加・攪拌し水中不分離性コンクリートを製造した。

現場添加の方法については現場添加用の設備を設置し、設備上部のグラウトミキサにて水中不分離性混和剤と水を20秒攪拌し、計量した流動化剤とともに設備下部のトラックミキサに添加後150秒攪拌し、水中不分離性コンクリートの製造を行った。

本工事では、施工時期が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。表-3・4に水中不分離性コンクリートに使用した混和剤及び配合を示す。

27℃以上では運搬中のベースコンクリートのスランプリスを軽減する目的でプラントでの単位水量を5kg/m³

増加し、現場添加での単位水量を5kg/m³減少した。また、30℃以上では同様の目的で遅延形のAE減水剤を追加した。さらに、高温時では、空気量が増加する傾向が見られたため、室内試験により、消泡剤の添加量を決定した。コンクリートの打込時間については実機試験を行い表-2の仕様を満足する打込時間を決定した。

(2) リフトスケジュール

打設リフトスケジュールは二次元FEM温度応力解析の結果よりひび割れ指数1.45を満足するよう、1ブロックを延長15m×高さ0.5・1.0mとした。

(3) 型枠工

浚渫完了の深浅測量より、岩盤面の凹凸が大きく、精度よく前面型枠が設置することが困難であったため、均し型枠を設置し、均しコンクリートを打設した。形状については幅3m×長さ5m×高さ0.5mとし、四隅に溝形鋼を設置し、高さが調整できる構造とし、溝形鋼と岩盤部との間にコンクリート流出防止のため、金網を取付けた。

表-2 水中不分離性コンクリート仕様

設計基準強度 (N/mm ²)	水セメント比 (%)	スランプリフロー (cm)	粗骨材寸法 (mm)	空気量 (%)	セメント種別
24	55	50±3	20・25	4.5以下	高炉B種

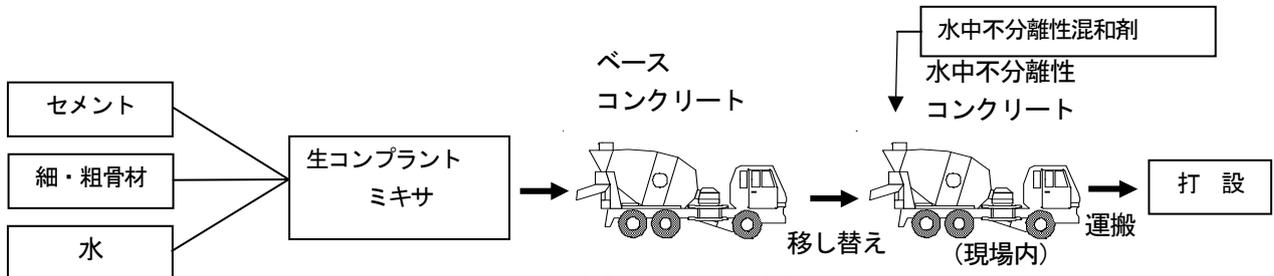


図-6 水中不分離性コンクリート製造フロー図

表-3 使用混和剤

使用材料	成分	銘柄名	名称	目的・効果	使用箇所
水中不分離性剤	水溶性セルローズ系	UWB	UWB	水中不分離性付与	現場添加設備
流動化剤	メラミンスルホン酸系	NSW	UWB-M	流動性の改善	現場添加設備
AE剤	オキシカルボン酸系	RG	AE	ベースコンクリート性状保持	プラント
消泡剤	トリブチルホスフェート系	TBP	AD	空気量の増加抑制	現場添加設備

表-4 水中不分離性コンクリート配合

コンクリート温度	種別	S/a (%)	単位量(kg/m ³)					UWB-M (L/m ³)	AE C×%	AD UWB×%
			W	C	S	G1	UWB			
—	示方配合	39.0	232	437	611	947	2.16	8		
5~27℃	ベースコンクリート	39.0	192	437	611	947	-	-	-	
	現場添加		30	-	-	-	2.16	8	-	
27~30℃	ベースコンクリート	39.0	197	437	611	947	-	-	-	
	現場添加		25	-	-	-	2.16	8	-	3
30~33℃	ベースコンクリート	39.0	197	437	611	947	-	-	0.8	
	現場添加		25	-	-	-	2.16	8	-	5

前面型枠については、当初は、幅2m×高さ3mのプレキャストL型擁壁にて計画したが、端部が勾配のある形状でありコンクリート製のプレキャスト擁壁では設置することが困難なため、鋼製型枠を使用した。これにより、端部の凹凸に合わせた形状の加工が容易となった。また、型枠を幅6m×高さ3mに大型化することで型枠の設置回数が減少し、工程を短縮することが出来た。ブロック間の打止めについては金網で製作した幅3m×高さ0.5～1mの型枠を設置した。

写真-2に使用した型枠の写真を示す。



写真-2 使用型枠

(4) コンクリート打設

写真-3にコンクリート打設状況を示す。



写真-3 打設状況(2台同時施工時)

圧送には定置式圧送ポンプ(最大前面圧 22MPa)を使用し、配管(φ125mm、最大水平換算距離約 200m)は地上部では鋼管を使用し、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。

打設には台船上に設置したクレーンにてホースを移動しながら、潜水士により筒先を誘導して打設した。管口からの落下高さを 0.3m以下に抑えるために管口に 0.3mの鉄筋を溶接し、落下高さの管理を行った。

時間平均打設量は、32m³/h(ポンプ 1 台使用時)、日最大打設量 684m³(ポンプ 2 台使用時)となった。なお、圧力損失は吐出量を 40m³/h として、単位長さ当たりの圧力損失は 0.046MPa/mとなり、スランプ 12cmの普通コンクリートの単位長さ当たりの圧力損失 0.012MPa/mの約 4倍となっていた。

(5) 仮締切

仮締切の構造概要図を図-7に示す。仮締切の施工順序は、基準杭用さや管をコンクリート上に固定し、さや管内部に基準杭を設置する。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、鋼管ユニット下部までのコンクリート打設完了後、基準杭をガイドとし、鋼管ユニットを一括で架設する。ダム湖上での揚重作業は、組立式のフロート台船上に100tクローラークレーンを搭載し、施工を行った。今回、仮締切継手部を工場製作しユニット化したことで、継手部の止水性の向上が図れた。写真-4に水替え完了状況を示す。

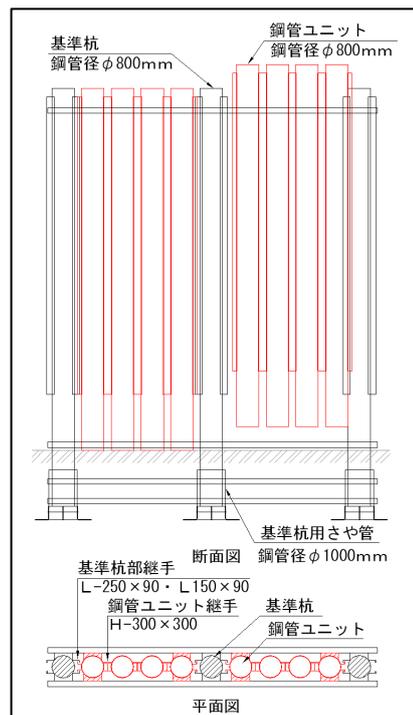


図-7 仮締切構造概要図



写真-4 水替え完了

4. 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、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、これを振動ローラにより締固めた材料である。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、弾性係数ともにコンクリートより桁が1桁小さい材料である。

CSG材の粒度は、母材の状態からほとんど手を加えられていないため、ある幅をもって分布する。また、CSGの単位水量についても、一連のCSG工程（製造～現場での締固め）において、主として施工性や締固め特性から決まる単位水量の幅が存在する。CSG材粒度の幅及びCSG単位水量の幅から、CSGの強度は図-8の模式図に示すような範囲で分布するものと考えられ、この考え方は、強度の分布範囲がひし形を示すことから、『ひし形理論』と呼ばれており、「ひし形」を形成する強度範囲の最低値を「CSG強度」と定義している。

CSG材粒度の幅については、母材採取範囲から任意に試料採取を行って、調査・試験後に設定し、単位水量の幅及び単位セメント量についても試験練りや試験施工を通して決定した。

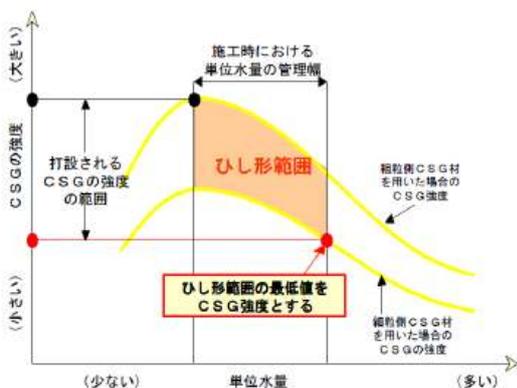


図-8 CSG強度の模式図

(2) CSG製造・搬送設備（写真-5・6参照）

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、製造（製造能力250m³/h）した。製造したCSGは、ベルトコンベアとCSG搬送設備（SP-TOM）を経由することで、高低差70mの斜面に対し、材料分離を起すことなく施工箇所まで直接搬送した。その結果、品質の低下を防ぎ、かつ運搬時間を短縮し、大量輸送（ダンプ運搬の約2倍）することで、CSG盛土の高速施工が可能となった。

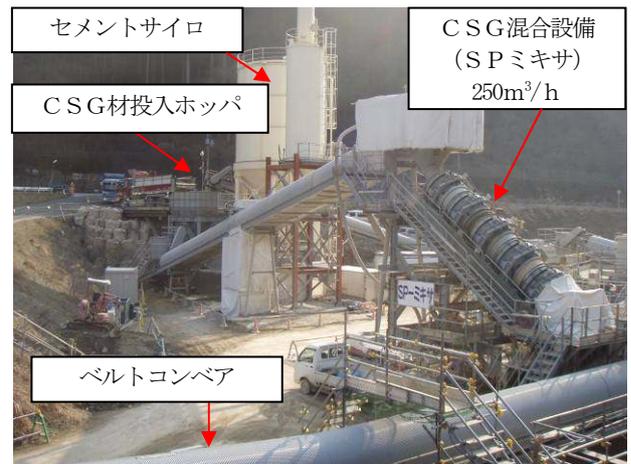


写真-5 CSG製造設備



写真-6 CSG搬送設備

(3) 施工方法

CSGの施工フローを図-9に示す。CSGの敷均し・転圧は、CSG搬送設備で運搬したCSGを0.8m³級バックホウで11t積キャリアダンプに積み込み、盛土箇所まで運搬し、16t級ブルドーザにより1層25cmで3層敷均し、11t級振動ローラ(両輪振動タイプ)で転圧した(写真-7~9参照)。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。

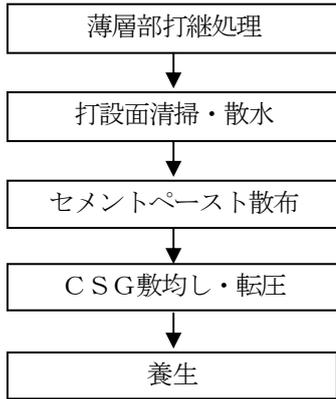


図-9 CSG施工フロー

(4) 施工実績

CSGをダンプで搬送した場合、狭隘な工事用道路の制約から、CSGの施工量は520m³/日となる。

今回採用したCSG直接搬送設備により、平均日打設量850m³/日(日最大打設量1,600m³)を確保することで、当初計画を6ヵ月短縮し、CSG全施工量224,800m³を約14ヵ月で完了した。

5. おわりに

本工事はダム湖貯水池内での工事であり、出水に対するリスクが非常に高い施工条件であった。さらに、水中既設構造物が想定より約4倍も多く、また、2011年9月の台風12号では、約1ヵ月、施工箇所が水没し、工程面でも非常に厳しい工事であった。

これらの施工条件に対して、出水リスクを考慮した施工方法及び仮締切・水中コンクリート型枠の構造さらにはCSG直接搬送設備の採用によるCSGの急速施工により、3度の出水期を含む通年施工で工事を完了した(写真-10参照)。

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



写真-7 CSG積込状況



写真-8 CSG敷均し状況



写真-9 振動ローラ転圧管理



写真-10 完成写真