

7. 台形 CSG ダムにおける保護コンクリート構築の 合理化施工システム

鹿島建設（株）

○ 丹 秀男

1. はじめに

台形 CSG ダムの施工では、CSG の高速打設技術は確立されており、追従して打設する上下流面の保護コンクリートの型枠設置作業が堤体の打設速度に対するクリティカルとなっている。型枠の吊り上げや設置には堤体打設面にクレーン等の揚重機械の設置を必要とし、CSG 打設作業と干渉するため施工速度の低下や安全面の課題であった。また、目地・止水板設置は、狭隘空間における作業となるため手間がかかることに加えてコンクリートの締固め不足による品質低下の懸念もあった。

これらの課題を解決するため、型枠および目地・止水板の設置を自動化・合理化する「保護コンクリート構築の合理化施工システム」を開発・実用化した。本システムは、置き型枠自動スライドリフタ、止水板台車、おもり台車の 3 種類の台車により構成され、安全性、生産性の向上を実現するものである。今般、秋田県において施工中の成瀬ダム堤体打設工事に初適用し有効性を確認した。

本稿では、台形 CSG ダムにおける保護コンクリート構築の合理化施工システムの概要について紹介する。

2. 台形 CSG ダムの概要

台形 CSG ダムとは、現地発生材（石や砂れき）とセメント、水との混合材料である CSG (Cemented Sand and Gravel) を使用し、堤体の断面を上流面、下流面とも同様の勾配をもつ台形形状にしたダムである。現地の材料を有効活用し、環境に配慮するとともに低コストの材料である CSG の外側に従来のコンクリートを使用した耐久性の高い保護コンクリートによって覆うため、永久構造物としての品質基準も満たす最新のダム形式である。

図-1 に台形 CSG ダムの概要図を示す。



図-1 台形 CSG ダムの概要図

3. 保護コンクリート構築の合理化施工システム

3.1 開発の背景

国土交通省東北地方整備局発注の成瀬ダム堤体打設工事は、堤高 114.5m、堤頂長 755m、堤体積 4,850,000m³ の超大型台形 CSG ダムを施工するものであり、堤体内部の CSG は 1 層 75cm をブルドーザにより敷き均し、振動ローラによって締固めて高速打設する計画である。

これに対し、上下流面の保護コンクリートの高速施工方法として、これまでは、保護コンクリートの型枠としてプレキャスト型枠を使用し施工速度向上に効果を発揮してきたが、プレキャスト型枠の搬入に際し堤体内に揚重機を設置する必要があり、CSG 打設をはじめ堤体における作業と干渉することから課題であった。

高速施工を行う成瀬ダムでは、外部からの型枠搬入が発生しないこと、型枠を鉛直とすることによって型枠際における作業性を向上させる等の利点から、上下流面の保護コンクリートを階段形状とし、H 型鋼を置いて型枠とする打止め型枠（以下、置き型枠）を採用して、保護コンクリートの打設進捗に合わせて置き型枠を盛替えることにより、外部からのプレキャスト搬入に伴う揚重機設置を不要とする計画とした。

図-2 に置き型枠を用いた保護コンクリートの概要図を示す。

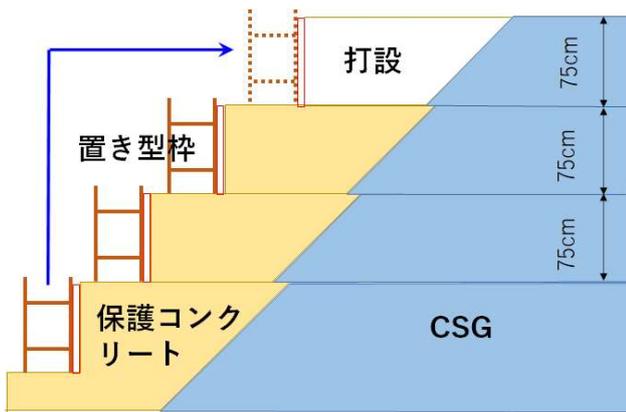


図-2 置き型枠を用いた保護コンクリートの概要図

置き型枠は、保護コンクリート1層の打設高さ75cmに対してH型鋼（H-400×400）を2本積み重ね、高さ80cm、1本あたりの長さ5mの構造とした。また、保護コンクリートの養生期間を確保するため置き型枠を3段設置することとした。CSGを1層（75cm）打設した後に、最下段（3段下）の置き型枠を吊り上げ、最上段の所定位置に設置し、置き型枠とCSGとの間に保護コンクリートを1層（75cm）打設することを繰り返して堤体を構築する。通常は、3段下の置き型枠に玉掛けし、CSG打設面に配置したクレーン等の揚重機により最上段の所定位置に位置合わせを行い設置して、保護コンクリート打設時に置き型枠を動かさないよう固定する手順である。

置き型枠の採用により外部からの型枠材の搬入は不要となったが、置き型枠盛替えのためにCSG打設面にクレーン等の揚重機を配置する必要があり、CSG打設との干渉による施工速度の低下や安全面の課題は残った。これらの解決のため、置き型枠の設置から保護コンクリートの打設までの一連の作業を合理的に施工するシステムを開発した。

3.2 システムの概要

本システムは、

- ①置き型枠を自動で吊り上げ、所定の位置に設置する「置き型枠自動スライドリフタ」
- ②保護コンクリートの打設進捗に合わせて止水板を吊り上げる「止水板台車」
- ③保護コンクリートの打設時に、置き型枠の滑動・転倒を防止する「おもり台車」

の3種類の台車によって構成される、保護コンクリート構築の合理化施工システムである（写真-1）。各台車は、置き型枠として用いるH形鋼をレールとして、電気モータ駆動の車輪により走行する構造であるため、堤体打設面のクレーン等の揚重機を配置する必要は無いことにより、CSG打設や堤体上における作業と干渉することなく保護コンクリートの構築は可能である。



写真-1 置き型枠自動スライドシステム

(1) 置き型枠自動スライドリフタ

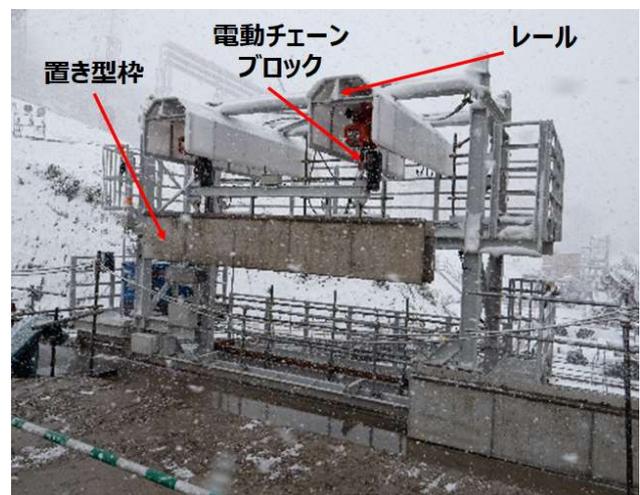


写真-2 置き型枠自動スライドリフタ

置き型枠自動スライドリフタは、保護コンクリート打設完了部の最下段（3段下）の置き型枠を1本（長さ5m）毎に吊り上げ、最上段の所定位置に位置合わせを行い設置する台車である（写真-2）。

置き型枠自動スライドリフタには、上部に2本のレールとそのレールに沿って走行する電動チェーンブロックを有し、置き型枠に設けた玉掛け部に吊りフックを掛けて玉掛けを行った後に、置き型枠を吊り上げ最上段の所定位置に移動し、位置合わせを行い先行して設置した置き型枠に合わせて設置する（図-3）。

設置完了後、自動スライドリフタは5m走行し次に吊り上げる置き型枠の位置に横移動し、同様の作業を繰り返す。これら一連の作業は、タブレット端末のボタン表示をワンタッチすることによって自動的に行うことが可能であり、置き型枠の吊り上げ・設置作業をワンマンにより合理的かつ安全に行うことを可能としている。なお、置き型枠端部には自動で位置決め可能な調芯機構を設けている。

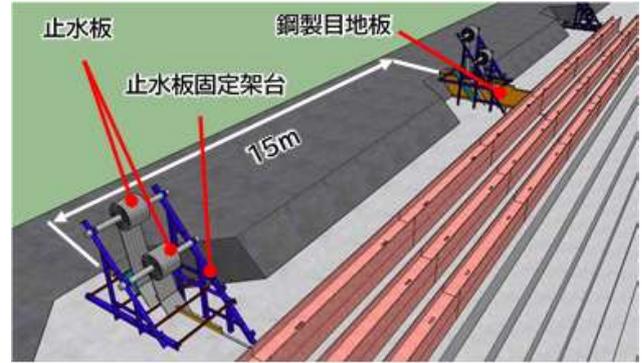
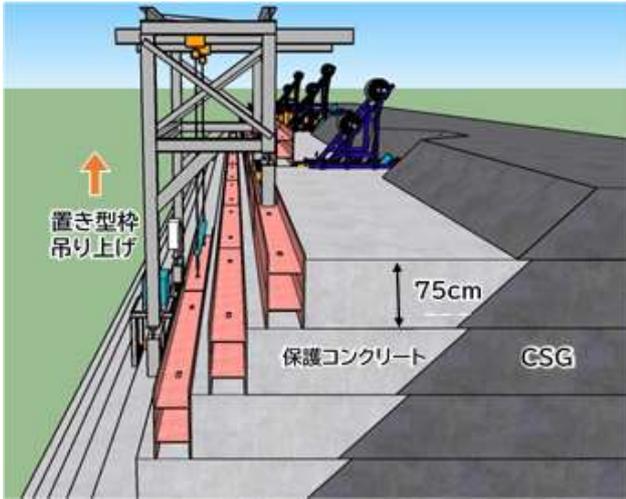


図-4 保護コンクリートの止水構造

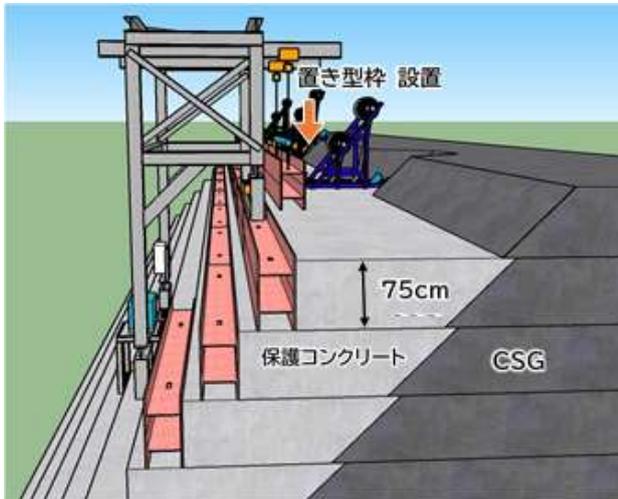


図-3 置き型枠の吊り上げ・設置

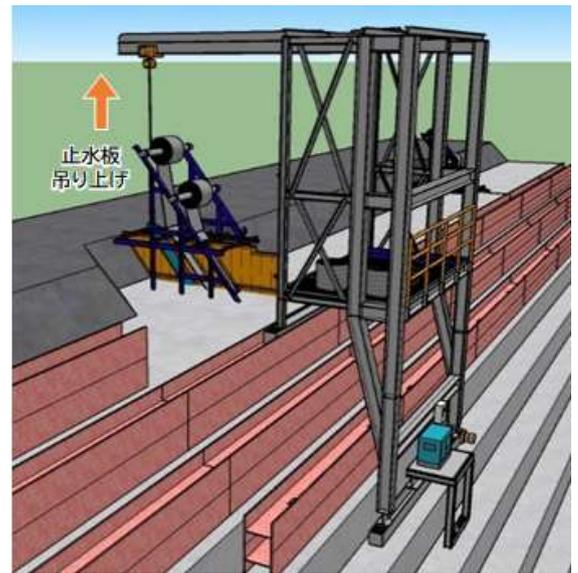


図-5 止水板の吊り上げ

(2) 止水板台車

保護コンクリートは、堤体左右岸方向 15m 毎に鋼製目地板と 2 枚の止水板を設置する構造である (図-4)。

止水板台車は、上部に 1 本のレールとそのレールを走行する電動チェーンブロックを有し、ロール状に巻いた止水板を保護コンクリート打設の進捗に合わせて吊り上げ、鋼製の止水板固定架台に設置する (図-5 および写真-3)。

止水板の設置完了後、止水板台車を 15m 走行させ次の止水板位置に横移動し同様の作業を繰り返す。止水板台車はリモコンによる遠隔操作を可能とし、止水板の吊り上げを CSG 打設面の外側から行うことができるため、CSG 打設を阻害することなく作業を行えるとともに、保護コンクリートの打設面にスペースを確保できるため、コンクリートの締固め作業を十分に行えることから、止水板周りの作業の合理化と、品質の確保を可能とした。

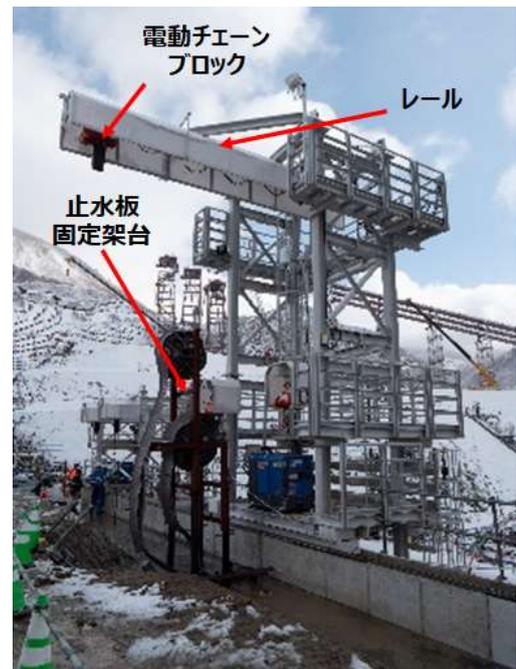


写真-3 止水板台車

(3) おもり台車

おもり台車は、保護コンクリートの打設時に発生するコンクリートの側圧による置き型枠の滑動・転倒を防止するための「おもり」として、置き型枠に荷重を掛ける台車である。これにより、サポートやセパレータ溶接等による固定作業を不要とした。保護コンクリートの打設は、幅 5m のおもり台車を 3 台並べて、1 ブロック（幅 15m）の保護コンクリートを一度に打設する（写真-4）。

打設時に打設箇所の置き型枠上に自走により移動させ、置き型枠に荷重を掛けることにより発生するコンクリート面との静止摩擦力によって打設時のコンクリート側圧に対抗する。（図-6）また、摩擦力は置き型枠の設置面の状況により変化するため、おもり自体を水タンクとし加水により荷重を増加させられることが可能である。また、おもり台車の移動は、リモコンによる遠隔操作により行う事ができることから、安全性の向上と省力化も図った。



写真-4 おもり台車（上：全景、下：設置状況）

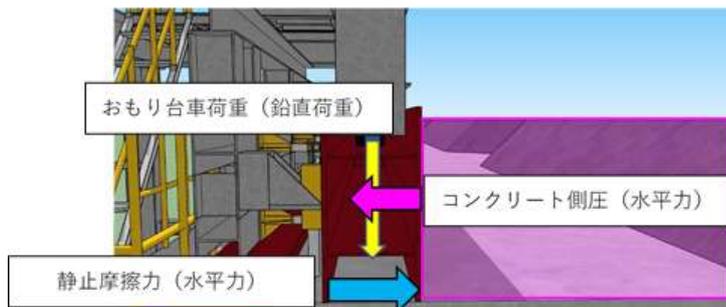


図-6 おもり台車によるコンクリート側圧への対抗

4. システム導入の効果

本システムの導入効果として、置き型枠の設置作業と止水板設置作業について、クレーン等の揚重機を用いた従来の作業方法を行った場合との比較を行った（表-1）。

作業時間短縮による保護コンクリート構築速度の向上及び、CSG 打設との干渉回避による安全性・生産性の向上により、保護コンクリート構築の合理化に効果があることを確認した。

表-1 従来の作業方法との比較

項目	従来の作業方法	本システム	効果
置き型枠設置(15m)			
作業時間	150分	30分	1/5に短縮
揚重設備	25tクレーン	リフト	CSG打設に支障なし
作業人員	特殊作業員4人 クレーンオペ1人	普通作業員1人	1/5に削減
止水板設置(1カ所)			
設置時間	90分	30分	1/3に短縮
揚重設備	4.9tクレーン	止水板台車	CSG打設に支障なし
作業人員	溶接工3人 クレーンオペ1人	普通作業員2人	1/2に削減

5. おわりに

本稿では、台形 CSG ダムにおける階段状の保護コンクリート構築の合理化施工システムについて、概要と導入効果を報告した。

台形 CSG ダムは、今後も上下流面を階段状にすることを想定しており、本システムによる施工の合理化は期待できる。

また、台形 CSG ダム以外においても堤防、防潮堤、護岸など、階段形状による延長の長い構造物の構築にも適用可能であり、さらなる普及・展開を期待している。