

台形CSGダムの保護コンクリートにおける置き型枠の適用および自動化実績

鹿島建設(株) 正会員 ○沢 一馬 奈須野恭伸 神戸隆幸 大木洋和 丹 秀男

1. はじめに

台形CSGダムにおいて、本体部CSGの施工に追従した上下流部の保護コンクリートの打設が工程上でのクリティカルとなる。これまでの台形CSGダムでは上下流面にプレキャスト型枠が使用され、保護コンクリートの工程短縮、CSG工法の堤体打ち上り速度の向上に寄与してきた。現在建設中の成瀬ダムでは「プレキャスト型枠と異なり外部からの搬入が伴わないこと」、「型枠が鉛直であるために型枠際での作業（打ち継ぎ面処理）が行いやすい」等の利点から置き型枠が台形CSGダムで初めて採用された。本報告では、台形CSGダムへの置き型枠の適用およびICT技術を活用した型枠工の自動化実績について報告する。

2. 施工条件および置き型枠の基本構造と課題

2.1 施工条件

成瀬ダムでは本体のCSGを打設後に上下流面に表面保護および止水を目的とした幅 1.6mの保護コンクリートを施工する（図-1、図-2）。最盛期には工程上2日で1リフト（750mm）の打ち上げ速度を確保する必要がある。施工サイクルの確保のためには型枠の設置・撤去作業の施工速度の向上が課題であった。

2.2 置き型枠の構造

置き型枠は保護コンクリート1リフトの750mmに対してH鋼（H400×400）を2本積み重ねた高さ800mmの構造である。図-2に当初計画図を示す。1ブロック幅15mあたり、延長5mの置き型枠を3本設置する。置き型枠は3段分を設置して、順次最下部の型枠を脱型して最上部へ盛り替える。

2.3 置き型枠の固定方法と施工速度の向上

置き型枠の固定方法の検討において、打設時のコンクリート側圧による、滑動に対する安定性の確保が課題となった。対策として「アンカー等による型枠の固定」、「サポート等による置き型枠の連結固定」、「ゴム等による接地面の摩擦抵抗の増加」等の検討を行った。

型枠作業における人力作業の手間が多く介在するため施工速度の向上が見込めず施工速度の向上が課題であった。さらに、成瀬ダムの上下流面は1:0.8の勾配の階段形状であり、階段部での人力作業は転落に対する安全対策が必要となる。

3. 課題解決

3.1 重錘台車の導入

置き型枠の固定には重錘台車により、置き型枠の摩擦抵抗を増加させる方法を採用した。重錘台車は1基あたり約16tの総重量をもつ移動式の台車である（図-3）。置き型枠と同じ幅の5mで製作し、車輪と走行モータにより、施工済みのコンクリート表面

キーワード CSG, ダム, 保護コンクリート, 型枠, 自動化

連絡先 〒998-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 1-27 鹿島建設(株)東北支店土木部 TEL022-261-7111

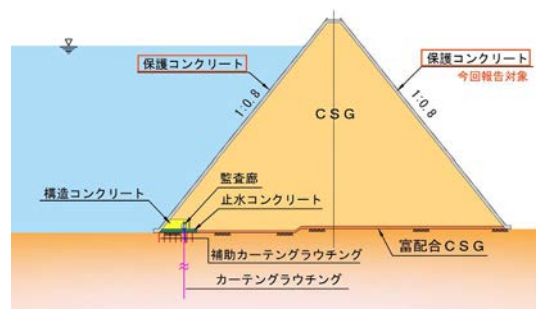


図-1 成瀬ダムの標準断面図

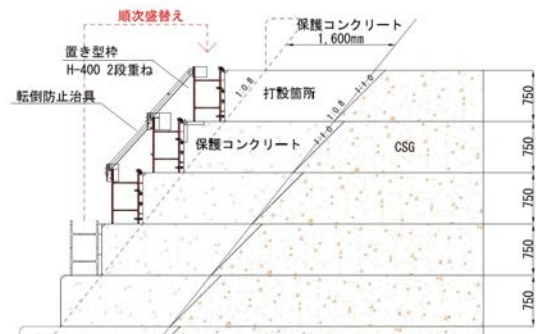


図-2 置き型枠構造図（当初計画）

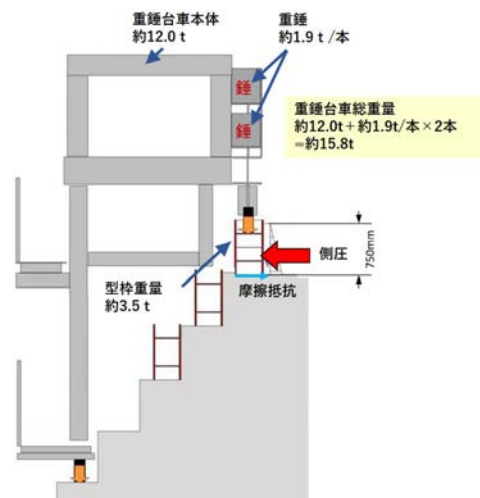


図-3 重錘台車による固定方法

とH鋼ウェブ上をダム軸方向に走行できる仕様とした。

打設時には重錘台車を打設箇所の置き型枠上に移動させ、置き型枠に荷重をかけることで、コンクリート面との摩擦抵抗を確保した。これによりサポートやセパレータ溶接による置き型枠の固定作業が不要となり、打設準備では型枠工と溶接工の人員および作業時間が削減され、台車の水平移動だけで完了する。また階段部での人力での支保作業が不要となり、転落に対するリスクが削減できた。

3.2 置き型枠の設置撤去の自動化

置き型枠の盛替え作業においても置き型枠自動スライドリフター（以下リフト台車）を開発し、施工速度の向上を行った。

リフト台車は、重錘台車と同様に施工済みのコンクリート表面とH鋼ウェブ上をダム軸方向に走行できる構造とした。脱型、揚重、設置までの一連の型枠作業をICT技術で自動運転とした（写真-1）。

3.2.1 置き型枠自動スライド手順

リフト台車による型枠作業のフローを図-4に記す。

STEP① 置き型枠の吊込み・引き上げ

リフト台車に搭載した2つの電動ホイストおよび吊り天秤により、最下部の置き型枠を揚重し脱型を行う。光電センサを用いたホイストの自動制御とオートフックを活用した自動玉掛けにより完全に自動で稼働させる。

STEP② 置き型枠の設置

吊り上げた型枠をホイストの水平移動と巻き下げにより上段に設置する。ホイストの自動制御とオートフックを活用した自動玉外し機能を組み合わせることで、所定の型枠位置に自動で設置する。

STEP③ 台車の水平移動

施工済みのコンクリート表面とH鋼ウェブ上を車輪により自動走行することで次ブロックに移動する。光電センサにて型枠位置を検知することで自動停止する。STEP①～STEP③を、繰り返すことで連続して型枠の盛替え作業を行う。

3.2.2 置き型枠自動スライドリフターの施工実績

リフト台車によって、発注者の標準案である1ブロック（15m）当り150分の所要時間を30分に短縮（80%減）した。作業人員も従来の特殊作業員4人、クレーンオペレータ1人からリフト台車の操作・監視に係る2人まで大幅に削減（60%減）した（表-1）。開始時のみ遠隔リモコンのボタン操作を行うだけで、一連の型枠作業を自動化した。細部における課題を改善してさらなる省力化を行っていく。

4. 今回の成果

今回、台形CSGダムの保護コンクリートに置き型枠を初適用した。また、重錘台車による型枠固定方法および置き型枠自動スライドリフターによる型枠設置撤去作業の自動化を達成し、省力化を実現できた。成瀬ダムではCSGの複数の建設機械の無人自動運転（クワッドアクセル）をはじめ、自動化技術やICT技術を適用している。CSG工法の堤体打ち上り速度の向上にむけて、CSGと保護コンクリートの作業の連携が取れるように遠隔操作などによる完全無人化を目指したい。



写真-1 重錘台車とリフト台車

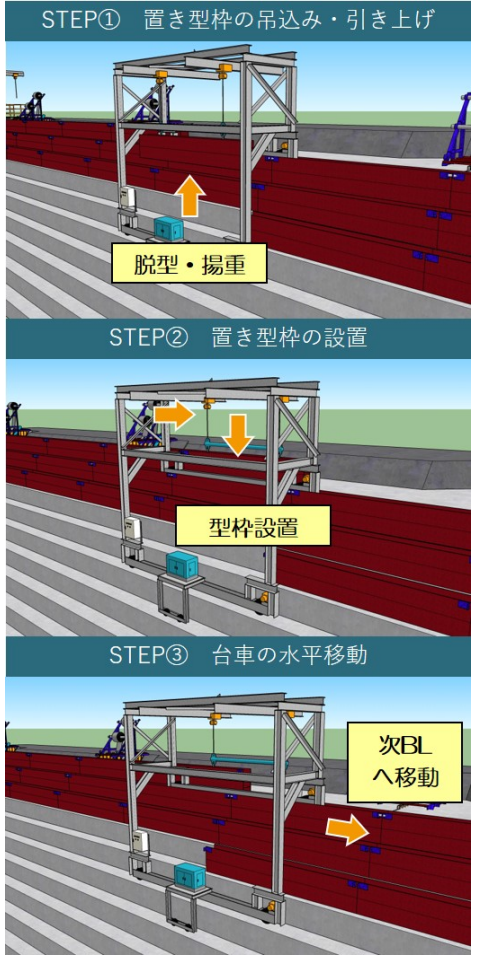


図-4 置き型枠自動スライド手順

表-1 従来の設置方法と歩掛比較

型枠設置 (15m)	従来方法	自動スライド おもり台車固定
移動時間	150分	30分
揚重設備	20tラフター	リフト台車
作業人員	特殊作業員4人 クレーンオペ1人	特殊作業員2人 (運転監視)