

19. ダムフォームスライド機の開発

飛鳥建設㈱：*多々良敏夫，栗原 敦司
㈱小松製作所： 珍田 彰

1. はじめに

コンクリートダムの打設作業には、従来から鋼製のダム型枠（以下「ダムフォーム」）を使用し、コンクリート打設に並行して、順次、所定の高さまで上昇（スライド）させている。一般に、ダムフォームの堤体面への固定、スライドは、小型移動式クレーンによる吊上げ作業と、ダムフォーム足場上の作業員との共同作業により行われている。そのため、ダムフォームの上昇に伴い、高所作業が避けられず、作業員の熟練も必要とされる（写真-1）。また、過去には「建設技術評価制度」にゼネコン各社、型枠メーカー等が応募し、「ダム用自動式型枠」（図-1）が開発された例もあるが、安全性の向上、ダムフォーム本体の大型化および上昇装置の内装化などを重視するあまり、結果的に、施工性、経済性面での制約が大きく、実用化までには至っていない。このように、コンクリートダムにおけるダムフォームスライド作業に関しては、作業の特殊性、対応の低迷などが機械化・省力化を阻み、その結果、まだまだ人力による熟練作業に頼らざるを得ず、作業員の苦渋作業の軽減と安全性の向上が重要な課題となっている。



写真-1 従来のダムフォームスライド作業

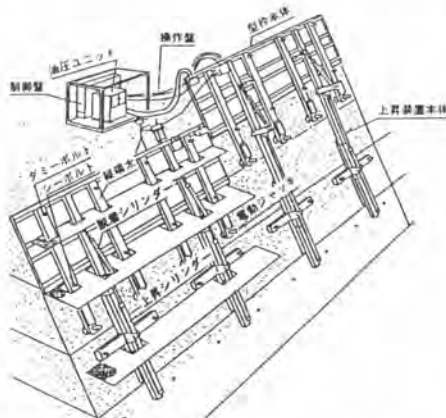


図-1 ダム用自動式型枠概念図

本機は、これらの課題を踏まえて開発された、ダムフォームスライド作業の専用機であり、ダムフォームの把持、脱型、スライド、位置決め、ボルト締結など、一連のダムフォームスライド作業を、すべて堤体内からの遠隔運転操作により行うことができる。

本稿では、福井県・永平寺川ダムにおける現場実証実験で確認された本機の性能、安全性などについて概要を報告する。

2. 開発目標

従来のダムフォームスライド作業の課題を解決するために、新たに専用機を開発することとし、その基本的な開発目標を次のように設定した。

① 省力化

作業員の苦渋作業および労力を軽減するため、人力作業に頼っている部分の機械化を図る。

② 安全性の向上

作業に必要な機能を専用機に集約し、この専用機の操作が、すべて堤体内（機内）から行えるような機構とする。

③ 施工性の向上

従来の熟練作業と同程度の施工能力を維持する。

④ 経済性の向上

省力化効果による、ダムフォームスライド作業のコスト低減を図る。

3. ダムフォームスライド機のシステム

3.1 適用条件

- ① 従来の一般的な鋼製上下流面用ダムフォームを対象とする。
- ② 型枠の標準仕様は、幅 3.0m/基、最大有効リフト 2.25mまでの対応が可能とする。
- ③ 機械本体の分解時最大質量は、輸送時を考慮して 10 t 以内とする。

3.2 概略仕様

本機の仕様を図-2、表-1 に示す（写真-2 参照）。



写真-2 ダムフォームスライド機

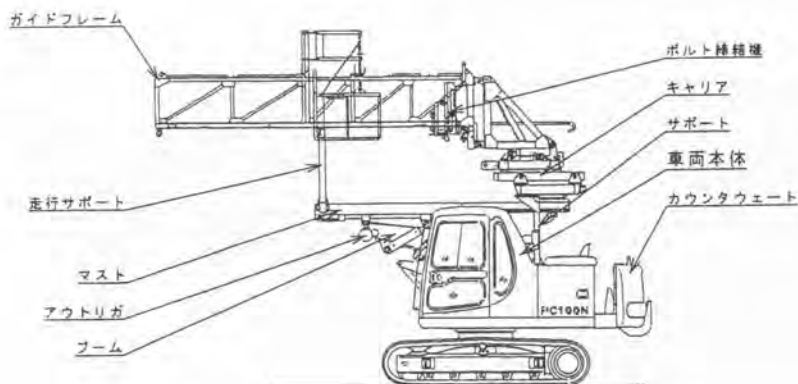


図-2 ダムフォームスライド機全体図

表-1 ダムフォームスライド機仕様

名 称	主 要 諸 元
機械質量（運転整備質量）	約12.0 t
機械分割質量（輸送時）	3分割（車体9.1 t、カウンタウエイト2.0 t、ガイドフレーム0.9 t）
最大負荷質量	型枠質量：Max. 1.3 t
駆 動 動 力	油圧方式（エンジン出力 80PS/1,900rpm）
主要寸法（L×W×H）	7.46×3.73×5.35m
主要装置・機器	①ゴムクローラ式ベースマシン（0.46m ³ /クラス） ②ブーム（アウリガ [※] 装備、揺動自動垂直出し機能付き） ③マスト（自動垂直出し・傾斜角度表示機能付き） ④キャリア（横スライド・リフト機能付き） ⑤ワークホルダ ⑥ボルト締結機（φ32～36用、トルク200～300N・m、20rpm）×2台 ⑦ガイドフレーム ⑧モニターカメラ（固定焦点式）×6台 ⑨各種安全装置 ⑩モニター付き操作ボックス
運 転 方 式	有線式遠隔操作方式（搭乗操作および携帯操作の併用型）

3.3 本機システムの主な特徴

- ① ダムフォームの把持、脱型、スライド、位置決め、ボルト締結など、一連の作業工程に必要な装置が、パワーショベル仕様のベースマシン上に搭載されている。
- ② 勾配の異なるダムの上流面と下流面のいずれにも、また、機械設置面が多少傾斜していても、容易に対応できる傾斜角度調整機能を備えている。
- ③ ダムフォームを固定している各種ボルト類の取付け・取外しは、左右2台の「ボルト締結機」で行う。ボルト締結機はガイドフレームに沿って上下方向に移動する。
- ④ スライド作業は、キャリアの把持部（ワークホルダ）でダムフォームを固定し、キャリア本体をマストに沿って引き上げる。
- ⑤ 機械本体の輸送時または吊上げ時の重量負担を軽減するため、簡単に3分割できる構造になっている。
- ⑥ 一連の操作は、携帯用の操作ボックスにより行うが、作業環境に応じて、機内からのモニター監視または機外での目視による操作のいずれかが選択できる。
- ⑦ 標準的な従来型の上下流面用ダムフォームが転用できる。

4. 現場実証実験

4.1 実験工事の概要

工事名称：永平寺川ダム本体建設工事

発注者：福井県

工事規模：重力式コンクリートダム（拡張レヤ工法）、堤体積121,120 m³

実施期間：平成11年9月～平成12年4月

実施場所：堤体SBL、EL.287.5～311.5、下流面（勾配1:0.74）

実験目的：本機によるダムフォームスライド作業の実証実験を行い、本機の性能および現場への適応性などを確認する。

4.2 実証実験概要

現場実証実験の概要を表-2、図-3、写真-3~6に示す。

表-2 実証実験概要

項目	内容	
実施条件	実施場所 型枠仕様	堤体 8BL. 下流面(勾配 1:0.74) 幅 3.0m/基×5基, リフト 1.5 m, 質量: 約 1.0t/基 改造部: ①シーボルト部 ②ダミーボルト部 ③隣接型枠接合部 ④下段足場のみ取付け
	実験内容	①機械本体の機動性 ケーブルクレーンを使った分解・吊上げ・組立, 自走による堤内移動 ②本機によるスライド作業 型枠把持, 各種ボルト類の脱着, 脱型, スライド, 勾配調整など
	実験回数	17回
主な確認事項	仕様 操作性	寸法, 各装置の機能・動作状況など 機内からのモニター監視による視認性, 操作の難易度, オペレータの 適応性など
	安全性	走行安定性, 作業時安定度, 各種安全装置の作動状況, ケーブルクレーンによる吊上げ姿勢バランスなど
	施工性	施工能力(サイクルタイム): 平均約 17min/基, 1BL(片面)当たり約 1.3~1.6hr
	作業編成	2名(作業指揮者, オペレータ)

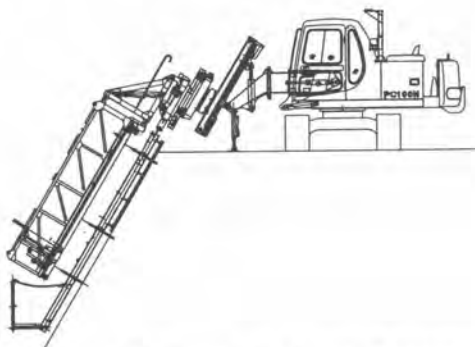


図-3 ダムフォームスライド作業概念図



写真-3 ダムフォームスライド実験全景



写真-4 スライド作業状況



写真-5 ボルト締結作業

4.3 実証実験の考察

実験結果より、概ね次のことが確認された。

① 省力化

作業指揮者とオペレータの2人体制での作業が可能であり、従来工法の平均的4人体制（オペレータ+作業員3人）と比較し大幅な省力化が実現した。

② 安全性

ボルト締結機が、すべてのボルト類（シーボルト、ダミーボルト、ジャッキボルト）の取付け・

取外し作業に適應でき、従来の足場上での作業が大幅に解消し、安全性が格段に向上した。ただし、点検、トラブル時の対応のため、下段作業足場は従来どおり設置する必要がある。

③ 施工性

従来の単位作業時間（平均15min/基程度）と比較した場合、実験期間中に平均で約17min/基程度までに短縮され、オペレータの技能が習熟すれば、従来工法と同程度の施工能力は十分期待できる。

④ 操作性

目視による作業の方が信頼性は高いが、モニター監視による操作でも比較的視認性が良いため、作業環境に応じて併用できる。操作には特殊な資格が不要であるが、車両系建設機械運転の有資格者であれば、操作の順応性が高く、短時間で習得できる。

⑤ 精度

機械の据付け位置の誤差は、許容範囲が大きいいため特に問題とはならない。また、各種ボルトとボルト締結機との偏芯も、約±15mm程度まで吸収できるため、実用上は支障がない。ただし、リフトアップ後における固定時、アンカーボルト穴とシーボルトの位置合せの精度を高める必要がある。



写真-6 モニター付操作ボックス

以上の結果を総括し、従来工法との比較において評価すると表-3 のようになる。

表-3 ダムフォームスライド工法比較

	従来方式 (移動式クレーン方式)	ダム用自動式型枠 (当社の例)	ダムフォームスライド機
機能性 (Q)	△	○	◎
経済性 (C)	◎	△	◎
施工性 (D)	◎	△	○
安全性 (S)	△	○	◎
総合評価	○ 施工能力(サイクルタイム)は高いが、安全性、熟練作業が課題。	△ 安全性は比較的高いが、経済性で劣り汎用性低い。	◎ 現状では施工能力(サイクルタイム短縮)が課題。

【凡例】 ◎：良 ○：普通 △劣

5. 今後の課題

今回の現場実証実験は、1ブロック（幅15m）・下流面（勾配1:0.74）のみが対象であったが、本機の性能および現場への適応性については一応の成果が立証された。上流面（勾配：鉛直）の評価については次の機会を待たなければならないが、概ね同等の結果になるものと推測される。今後は、これまでの実験結果を踏まえ、堤体上下流全面への適応を実現するため、特に以下の項目について重点的に検討を進めることとする。

5.1 施工性の向上

現在の平均作業所要時間を従来工法の作業時間並みにまで近づける。その対策として、

- ① オペレータの習熟度にも左右されるので、事前の早期育成を図る。
- ② アンカーボルトと特殊ボルト（シーボルト）の位置合せの精度を高めるため、ダムフォーム本体側の構造を見直し、必要に応じて改良を検討する。
- ③ 型枠測量のスピードアップ化を図る。

さらに将来的には、

- ④ 2基分（幅6m）を同時にスライドするか、または、幅5m/基のようにダムフォームを大型化する。

などが考えられる。

5.2 機能性の向上

- ① シーボルトを締付け・固定する際、締付け力（トルク）はボルト締結機の油圧制御により行い、シーボルトの挿入量は目視により行うことで、ボルトの締結状態を確認・判断している。信頼度と安全性を向上させるために作業手順を再検証する。
- ② 操作の難易度は高くないが、多くの機能が操作ボックスに集約しているため、オペレータの適応性には自ずと制約がある。使いやすさを高めるためにも、操作レバー、押ボタンの配置など、さらに機能性の充実を図る必要がある。

6. おわりに

今回のダムフォームスライド機の現場実証実験では、初期の開発目標に一步近づき、比較的良好な成果を得ることができた。本機を今後のコンクリートダム工事をはじめとする類似の型枠作業への本格的な導入・展開を図り、実用化と汎用性を実現するため、引き続き技術的課題に取り組み、更なる改良と検証を推し進める所存である。本機が、従来の制約条件下での作業環境を解消し、省力化と安全性の向上に貢献できれば幸いである。