

ダムコーン スライド機 開発



◆ダムフォームスライド機



◆スライド作業状況



◆ボルト締結作業



⇩スライド作業状況



⇩スライド作業状況



⇩搬入・搬出状況



⇩モニター付操作ボックス

ダムフォームスライド機の開発

—コンクリートダム型枠作業の省力化・安全性の向上を目指して—

矢作健治・多々良敏夫・江森美佐雄

一般に、コンクリートダム工事におけるダム用型枠の据付け、スライド作業は、型枠本体を把持、吊上げる「クレーン作業」と、吊上げた状態の型枠作業足場上の作業員による各種のボルト類の「取付け・取外し作業」とにより行われている。そのため、熟練作業と型枠上昇に伴う高所作業が問題となっている。筆者らは、これらの課題を踏まえ、ダム用型枠のスライド作業における省力化と安全性の向上を目的とする専用機械「ダムフォームスライド機」を開発した。今回、実用化に向けた現場実証実験により、本機の性能、現場への適応性などを確認した。

キーワード：コンクリートダム，ダムフォーム，ボルト締結，現場実証実験

1. はじめに

コンクリートダム工事における打設作業には、従来から鋼製のダム用型枠（以下、ダムフォームと略記）を使用し、コンクリート打設に並行して、ダムフォームの据付けおよびスライド作業を繰り返しながら、順次、所定の高さまで上昇させている。

一般に、これら一連のダムフォームスライド作業（以下、DFS作業と略記）は、小型の移動式クレーンを使用してダムフォーム本体を吊上げ、ダムフォーム作業足場上で作業員がボルト類（通常3種類）の取付け・取外し作業（以下、ボルト締結作業と略記）、隣接するダムフォームとの接合などを行っている。

そのため、作業員の熟練を必要とし、ダムフォーム上昇に伴う高所作業も避けられない。また、過去には「ダム用自動式型枠」や「ダム型枠スライド機械」の開発など、DFS作業を改善するためのさまざまな試みがなされてきたが、作業の特殊性、経済的な制約などが機械化の普及を阻んできた。その結果、依然として人力による熟練作業が主流になっており、作業員の苦渋作業の軽減と安全性の向上が課題となっている。

今回紹介するダムフォームスライド機（以下、DFS機と略記、写真-1参照）は、これらの課題を踏まえて飛島建設株式会社が開発したDFS作



写真-1 ダムフォームスライド機

業の専用機である。

以下に、本DFS機のシステムの概要を述べ、次いで福井県・永平寺川ダムにおける現場実証実験の成果について報告する。

2. 開発の目標

従来のDFS作業の課題を踏まえ、DFS機による新たなシステム化を確立するため、基本的な開発目標を次のように設定した。

- ① ボルト締結作業など、人力作業に頼っていた作業工程の機械化を図り、省力化（コスト低減）を実現する。
- ② 一連の作業工程に必要な機能を1台の専用機に集約し、操作をすべてDFS機内または

堤内から遠隔操作することにより、作業足場上での危険要因を解消する。

- ③ 従来からの熟練作業と同程度の施工能力を維持または追従する。

3. DFS 機 の システム

(1) DFS 機 の 適 用 範 囲

現場における DFS 機 の 主 な 作 業 条 件 を 以 下 の よう に 設 定 し た。

- ① 従来から使用されている標準的な鋼製上下流面用ダムフォームを施工対象とする。
- ② ダムフォームの標準仕様は、1基当たり幅3.0m、最大有効リフト2.25mとする。これ以外の条件は、別途対応策を検討する。
- ③ 機械本体質量は、輸送時または現場内の機動性などを考慮し、分解時の単体最大質量を10t以内とした。

表一 ダムフォームスライド機標準仕様

名 称	主 要 諸 元
機 械 総 質 量	約12.0t
輸送時分割質量	3分割 車体 9.1t, カウンタウェイト 2.0t, ガイドフレーム 0.9t
最大負荷質量	型枠質量: max. 1.3t
駆 動 動 力	油圧方式 (エンジン出力 80 PS/1,900 rpm)
寸法 L×W×H	7.46×3.73×5.35 m
主要装置・機器	①ゴムクローラ式ベースマシン (0.46 m ³) ②ブーム (アウトリガ, 揺動自動垂直機能付き) ③マスト (自動垂直・傾斜角度表示付き) ④キャリア (横スライド・チルト機能付き) ⑤ワークホルダ (把持機構) ⑥ボルト締結機×2台 φ 32~36 用, トルク 200~300 N・m, 20 rpm ⑦ガイドフレーム ⑧モニタカメラ (固定焦点式)×6 台 ⑨各種安全装置 ⑩モニタ付き操作ボックス
運 転 方 式	有線式遠隔操作方式 (搭乗・携帯操作)

(2) 概 略 仕 様

DFS 機 の 主 な 仕 様 諸 元 お よ び 全 体 図 を 表 一, 図一に示す。

(3) 施 工 手 順

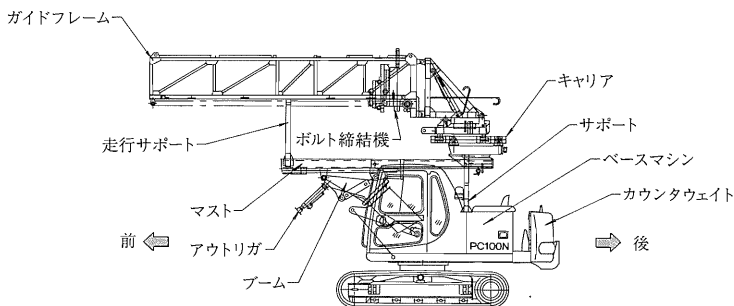
DFS 機 による主な施工手順を以下に示す (図一2参照)。

- ① DFS 機 の マスト お よ び ガイドフレームを所定の位置・傾斜角にセット。
↓
- ② 把持装置 (フック) をダムフォームの吊り金具に固定し、隣接ダムフォーム固定用ピンを解除。
↓
- ③ ボルト締結機を移動し、ダミーボルト (上段) の引抜き、ジャッキボルト (下段) の緩め、シーボルト (中段) の緩め、引抜き。
↓
- ④ ダムフォームをマストに沿って所定の高さまでスライドし、隣接ダムフォームの固定用ピンをセット。
↓
- ⑤ ボルト締結機でシーボルトの締付け、固定、ジャッキボルトの締付けまたは緩めの操作により、ダムフォームの傾斜角度を調整。最後にダミーボルトを挿入。
(ワンサイクル終了)

次のダムフォームへ移動

(4) 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, 一連の作業工程の



図一 ダムフォームスライド機全体図

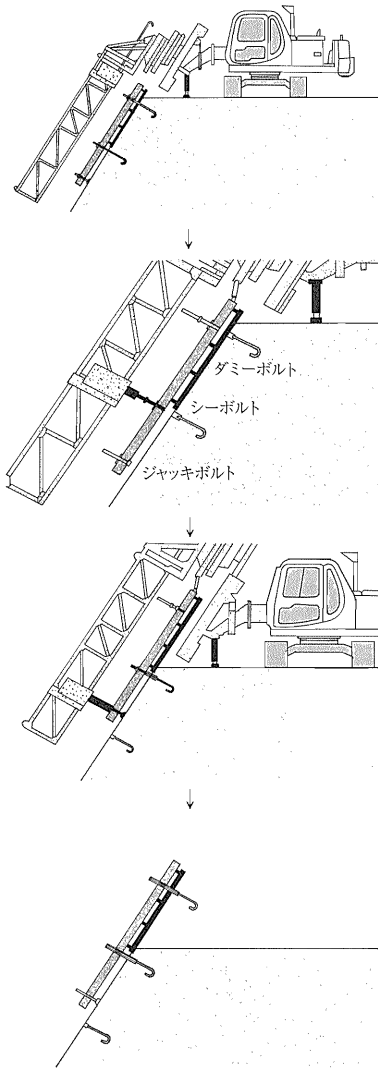


図-2 DFS 機による施工手順

機能をすべて1台のベースマシンに搭載し、作業環境の変化に応じて、機内からのモニタリング方式（写真-2参照）または機外からの直視方式の選択による遠隔操作（有線方式）ができる。

- ② 機械設置面の傾斜や上流・下流面の勾配の変化に即座に対応するため、ブーム、マストの自動垂直（水平）出し機能や傾斜角度調整・表示機能の内蔵により、容易に作業機の姿勢制御ができる。
- ③ ダムフォーム固定用の3種類のボルト（シーボルト、ジャッキボルト、ダミーボルト）締結作業は、左右2台のボルト締結機に

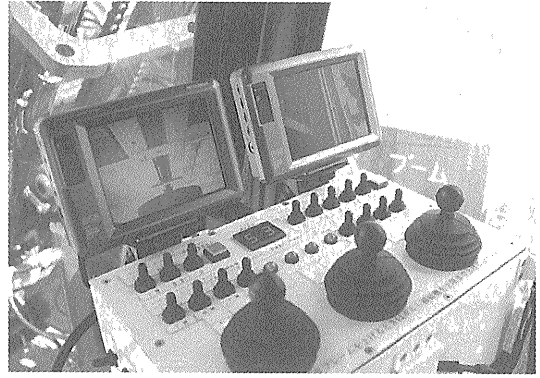


写真-2 モニタ付き操作ボックス

より行う。なお、ボルト締結機はキャリヤ、ガイドフレームを介して任意の位置に移動できる。図-3にボルト締結機の作業工程を示す。

- ④ スライド作業は、所定の傾斜角度にセットした状態で引上げることができる。
- ⑤ DFS機を使用する場合でも、従来の標準的なダムフォームが転用できる。ただし、シーボルト周辺部、ダムフォーム接合部の改造が必要となる。今回、ボルト締結機構の開発と並行して、ダムフォーム接合機構をワンタッチ方式のピン構造に改良したことにより、ボルト締結作業同様、作業足場上での作業を解消することが可能となった。
- ⑥ 機械本体のトラック輸送時および吊上げ作業時の重量負担を軽減するため、必要に応じ簡単に3分割できる構造とした。

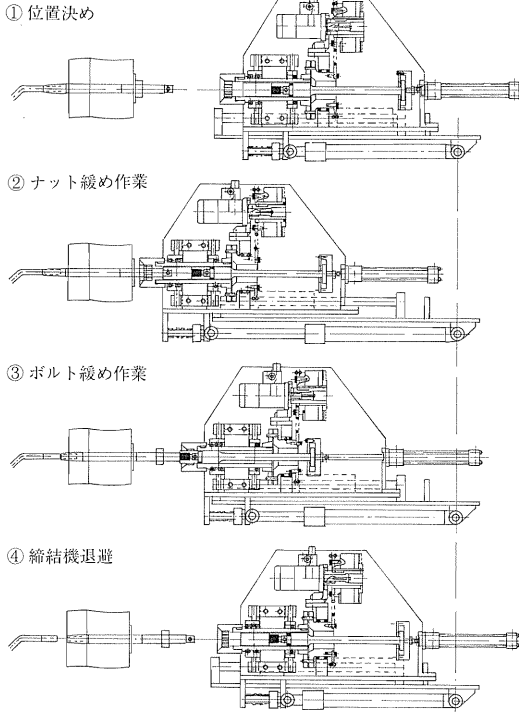
4. 現場実証実験の概要

（1）実験工事の概要

DFS機実証実験の目的、適応ダムの概要は下記のとおりである。

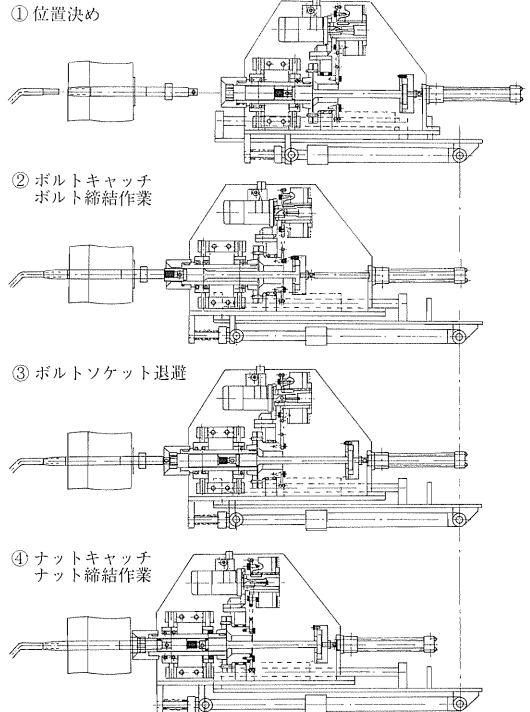
- ・工事名称：永平寺川ダム本体建設工事
- ・場 所：福井県吉田郡永平寺町志比地係
- ・発 注 者：福井県
- ・工事規模：重力式コンクリートダム
堤体積 121,120 m³
- ・実施期間：平成11年9月～12年4月
- ・実施場所：堤体8BL，下流面（勾配1：0.74）
- ・実験目的：DFS機を使用してDFS作業の実証

ボルト締結機作動工程図(緩め作業)



(1) 緩め作業工程

ボルト締結機作動工程図(締結作業)



(2) 締結作業工程

図-3 ボルト締結機の作業工程

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。

(2) 実証実験の概要

現場実証実験の概要を表-2、写真-3~写真-5に示す。

(3) 実証実験結果に対する評価

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人編成での作業が可能になり、従来の平均的4人編成(オペレータ+作業員3人)と比較して半減した。

② 安全性

ボルト締結機とワンタッチ式ダムフォーム接合機構の採用で、従来の作業足場上での作業が大幅に解消し、その結果、安全性が格段に向上した。ただし、ボルト周辺部の点検、締結機トラブル時の対応を考慮すると、作業足場を完全に撤去することは得策でないため、現状では下段の作業足場

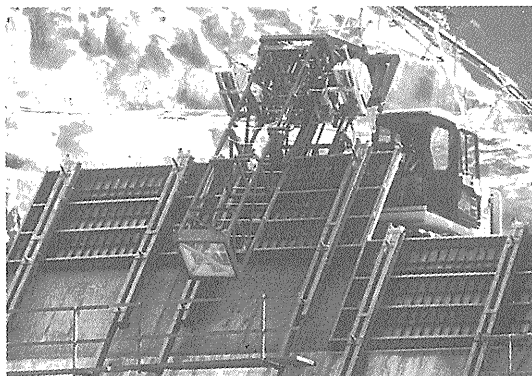
表-2 現場実証実験の概要

項目	内容
実施場所	堤体8BL, 下流面(勾配1:0.74)
型枠仕様	幅3.0m/基×5基, リフト1.5m
質量	約1.0t/基
実験項目	①機動性 ②施工性(施工能力) ③操作性(機能性) ④安全性 ⑤作業編成
実験回数	17回(17リフト)
荷役設備	9.5tケーブルクレーン
機動性	ケーブルクレーンによる分解, 組立て
施工性	サイクルタイム: 平均約17min/基 1BL(片面)当たり約1.3~1.6hr
操作性	モニタ監視方式による視認性
確認事項	オペレータの適応能力
安全性	走行安定性, 作業時安定度, 安全装置, 吊上げ姿勢バランス
作業編成	2名(作業指揮者, オペレータ)

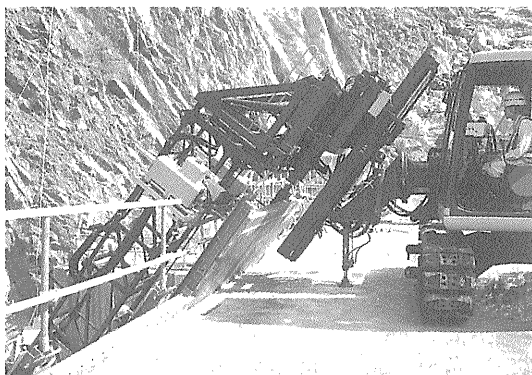
のみ残している。

③ 施工性

施工性(施工能力)の判断材料となる、ダムフォーム1基当たりの単位作業時間は、実験期間後半には、平均で約17min/基程度に短縮され、さらにオペレータの技能が習熟すれば、従来の平



写真一3 現場実証実験全景



写真一4 スライド作業状況



写真一5 ボルト締結作業

均作業時間 15 min/基と同程度の施工能力が十分期待できる。現状は約 15%程度の施工能力低下である。

④ 操作性

各装置の位置関係や作動状況の確認は、作業環境に応じて直視方式とモニタ監視方式が選択できる。今回はオペレータの位置に制約が多いこと

と、モニタによる視認性が比較的良好なため、結果的にはモニタ監視操作方式を採用することになった。操作するには特殊な資格が不要であるが、操作ボックスには多機能が集約されていることや、ベースマシンの移動が必要なことから、車両系建設機械運転の有資格者またはその適任者であれば、操作の順応性が高く、短時間で習得できるようである。

⑤ 施工精度

機械の据付け位置の誤差は、左右方向±250 mm、前後方向±300 mm、左右回転方向±5°の範囲内で調整が可能である。また、各種ボルトとボルト締結機との偏心量は、フレキシブルジョイントの採用により約±15 mm程度まで吸収できるため、実用上は特に大きな問題は発生していない。ただし実験においては、リフトアップ後のアンカーボルト穴と固定用シーボルトの芯が合わない状況も見られた。これはDFS機の問題というよりも、ダムフォームの製作精度が関係しているようである。

以上のような評価結果を、従来工法との比較において総括すると表一3のようになる。

表一3 ダムフォームスライド工法比較表

	従来方式 (移動式クレーン)	自動式型枠 (当社の例)	DFS機
機能性 (Q)	△	○	○
経済性 (C)	◎	△	◎
施工性 (D)	◎	△	○
安全性 (S)	△	○	◎
総合評価	○ 安全性、熟練作業が課題	△ 経済的な制約が大	◎ 施工能力向上が課題

◎：良 ○：普通 △：劣

5. 今後の課題

今回の現場実証実験は、堤体の1ブロック(幅15 m)、下流面(勾配1:0.74)のみを対象としたが、本機の性能および現場への適応性については十分立証されたものと判断している。なお上流面(鉛直)については、その後、当社工場・模擬堤体における機能実験において、下流面と同様な結果が得られたことを付記しておく。今後の重点的課題を以下に要約する。

(1) 施工能力 (D) の向上

単位作業時間を約15%程度向上させるための対策を挙げる。

- ① ある程度オペレータの適性或習熟度にも左右されるので、事前に早期育成を図る。
- ② スライド後の堤内アンカーボルト孔と固定用シーボルトの芯合せの迅速化を検討する。
- ③ 最終工程のダムフォーム測定のスピードアップを図る。

さらに将来的には、

- ④ ダムフォーム2基分(幅6.0m)の同時スライド、または5.0m/基のような大型化を図る。

などが考えられる。

(2) 機能性 (Q) の向上

操作性、使いやすさ感を高めるための対策を挙げる。

- ① シーボルトの締付け力(締付けトルク)の設定方法、シーボルトの挿入量の確認方法など、DFS作業の信頼性、安全性を向上させるための作業手順を再検証する。
- ② 操作の複雑さや難易度をさらに緩和するため、操作レバー、押ボタンの配置などを検討する。

(3) 経済性 (C) の向上

省力化効果を反映して、コストダウンの可能性は高いが、将来的に以下の対策を講じる。

- ① ダムフォームの改造部分の簡略化と低廉化を図る。
- ② 実用化に向け、DFS機本体価格の低廉化

の可能性について、メーカーとの協議を図る。

6. おわりに

平成9年にDFS機の開発に着手して以来、今回、本機の性能および現場への適応性について一応の成果が立証された。今後は引続き技術的課題に取り組み、さらなる改良と検証を推し進める所存である。本機がコンクリートダム工事をはじめとする類似工事の型枠作業への実用化を実現し、省力化、安全性の向上、作業環境の改善などに貢献できれば幸いである。なお、本機の開発にご協力、ご助言いただきました株式会社小松製作所をはじめ、関係者の方々に感謝の意を表します。

[筆者紹介]

矢作 健治 (やはぎ けんじ)
飛鳥建設株式会社
機電統轄部
部長



多々良 敏夫 (たたら としお)
飛鳥建設株式会社
機電統轄部
担当部長



江森 美佐雄 (えもり みさお)
飛鳥建設株式会社
機電統轄部・館林工場
担当課長

