

21. 環境への影響を配慮したダム用 コンクリート運搬設備の開発

清水建設㈱：*福元 洋一，垂水 直樹

1. はじめに

近年、コンクリートダムの合理化施工法として、RCD工法や拡張レイヤー工法に代表される全面レイヤー方式が広く普及している。この方式における一般的なコンクリート運搬方法は、なんらかの手段で堤体上に運びこまれたコンクリートをダンプトラックで打設場所まで運搬するというものであり、クレーンとバケットで直接打設していた従来のブロック工法とは決定的な違いがある。そのため、コンクリート運搬設備は堤体の全範囲を必ずしもカバーする必要はなく、堤外から堤体上のダンプトラックまでコンクリートを運搬できることが最低条件である。つまり、運搬形態の自由度が広がり、従来のものに加えて新たな設備を考案できる余地が拡大したのである。

このような局面を迎えて筆者らは、設置に伴う自然環境への影響を極力抑えた、新しいコンクリート運搬設備の開発に取り組み、2つの新設備Ⅰ、Ⅱを開発するに至った。本稿は、その開発成果について報告するものである。

2. 新設備Ⅰ

(1) 概要

新設備Ⅰは、巻上げ機を搭載した移動式架台をダム堤体上に配置し、堤体の上流面あるいは下流面に走行レールを設置し、コンクリートを積載したバケットを堤体の足下から巻上げ機によりレールに沿って巻上げて、堤体上で待つダンプトラックまで運搬するものである。つまり出来上がっていくダム堤体

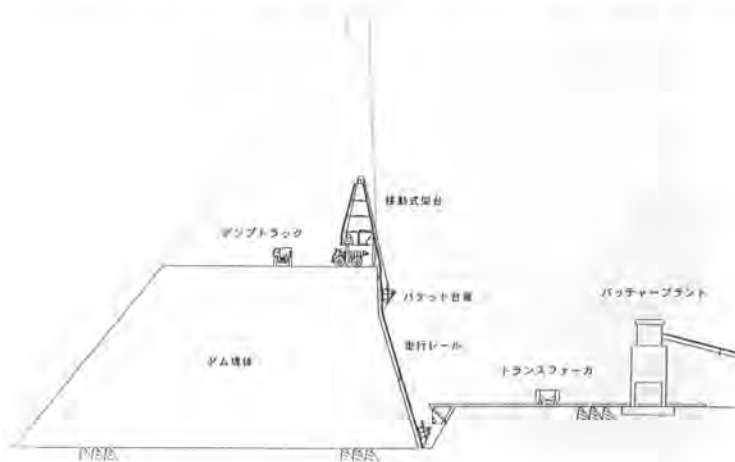


図-1 全体概要（新設備Ⅰ）

そのものを利用する設備といえる。この設備の第一の特徴は、パッチャープラント等の仮設備を河床付近に集約できるため、ダム天端周辺の地山の切取りを極力抑えることができる点にある。

図-1に当設備の全体概要を示す。また写真-1には、実証機の設備全景を示す。

(2) 構造

実証機（バケット容量 2m^3 ）の構造を図-2に示す。巻上げ機、発電機、油圧ユニット、ホッパー、槽、支持架台などが一体となって移動式架台を構成している。この移動式架台はダム堤体上に配置され、コンクリートを積載したバケットを堤体上まで巻上げ、ダンプトラックに積み替えるものである。また、内側架台と外側架台の一对から構成される支持架台を駆使して、堤体コンクリートの1リフト毎の立ち上がりに応じて自ら上昇できようになっている。



写真-1 設備全景（新設備Ⅰ実証機）

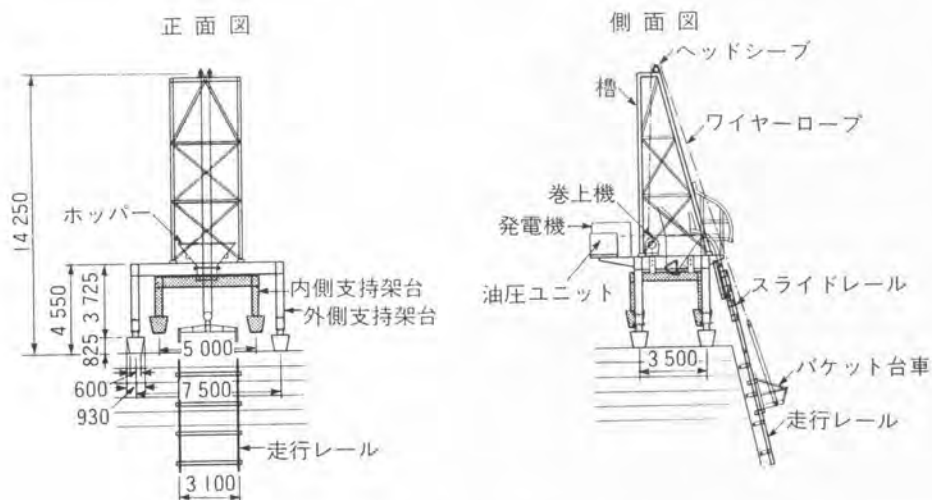


図-2 構造（新設備Ⅰ実証機）

表-1 主要諸元（新設備Ⅰ実証機）

・全高	14 m	・バケット台車の巻上げ速度	30/15 m/min
・全幅	7.5 m	・巻上げワイヤーロープ	φ 20mm×2本
・全重量	34.2 t	・バケット容量	2.0 m ³
・巻上機出力	50/25 kW×4/8(P)	・レール幅	3,100 mm

バケット台車は、下方で荷受けしたコンクリートを移動式架台まで運搬する。また、このバケット台車に専用の架台を取り付けて車両を搬送することもできる。堤体の上流面あるいは下流面に設置する走行レールは、バケット台車を走行させるための走行路である。実証機の主要諸元を表-1に示す。

（3）主な機能

1) コンクリートの運搬

パッチャープラントからトランスファーカで運ばれてきたコンクリートは、堤体足下でバケットに積み替えられると、レールに沿って移動式架台まで巻き上げられる。そして架台内のホッパーを介してダンプトラックに投入される。この一連の作業は、巻上げ開始の信号入力以外は全て自動制御で行われる。また運搬性能は、計画に応じて、コンクリートバケット容量と巻上げ機との組み合わせによりフレキシブルに設定できる。

2) 車両の搬送

バケットに専用架台を取り付けることにより、車両の搬送が可能となる。

3) 移動式架台の移動

移動式架台は、内側と外側の一对からなる支持架台を駆使して、堤体コンクリートの1リフト毎の立ち上がりに応じて自ら上昇する。

（4）施工事例

熊本県内の砂防ダム（堤高 25 m、堤体積 8,000 m³）建設工事にバケット容量 2 m³の新設備Ⅰを適用し、次の項目を確認している。

1) コンクリート運搬能力の確認

運搬作業のサイクルタイムを実測し、従来の同規格設備と同等の運搬能力（約 50 m³/h）を有することを確認した。

2) 疲労破壊に対する検証

ダム用コンクリート運搬設備には、一般建設機械よりも厳しい構造基準が採用される。繰り返し応力による疲労破壊についての検討基準である『JIS B8821 クレーン鋼構造部分の計算基準』では、ケーブルクレーンやダム用タワークレーンは最も基準の厳しいⅢ群又はⅣ群に分類されている。そこで主要材にひずみゲージを取り付けて作業中の変動応力を計測した結果、一部で大きな変動応力が発生したが JIS B8821 に準拠して疲労破壊について照査したところ、いずれもⅣ群の条件を満足していることを確認した。

3. 新設備Ⅱ

(1) 概要

新設備Ⅱは、堤体上流面の近傍に設置したタワーに、昇降式のベルトコンベヤ（＝フィーダベルコン）が取り付けられている。タワーは鉛直方向の運搬路であり、フィーダベルコンは水平方向の引き出し装置である。すなわち、コンクリートを積載したバケットはタワー内を通過して堤体の足下から上方へ巻上げられ、そこでコンクリートはフィーダベルコンに積み替えられ、堤体上で待つダンブトラックまで水平に引出される。新設備Ⅱの第一の特徴も新設備Ⅰと同様に、ダム天端周辺の地山の切り取りを少なくできる点にある。

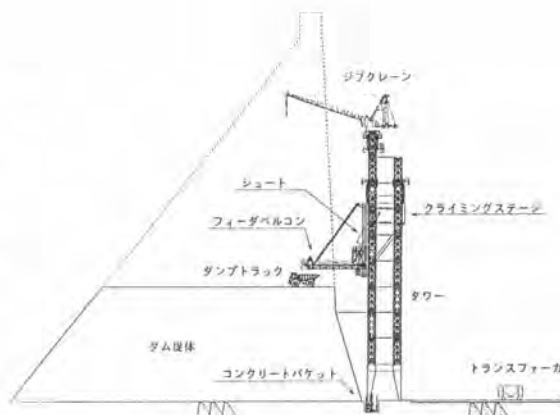


図-3 全体概要（新設備Ⅱ）

新設備の全体概要を図-3に、実証機の全景を写真-2に示す。

(2) 構造

新設備Ⅱは、タワー、巻上げ装置、コンクリートバケット、クライミングステージ、ジブクレーンから構成されている（図-3参照）。クライミングステージの内訳は、ホッパー、シュート、フィーダベルコン、クライミング装置等である。ジブクレーンは、タワーの延伸や雑運搬に使用される。また、タワー部材には汎用性の高い既存の建築用タワークレーンマストを使用しており、コスト縮減を図っている。なお、タワーの自立限界高さを超える場合には、ダム堤体から控えを取ることで対処する。実証機の主要諸元を表-2に示す。

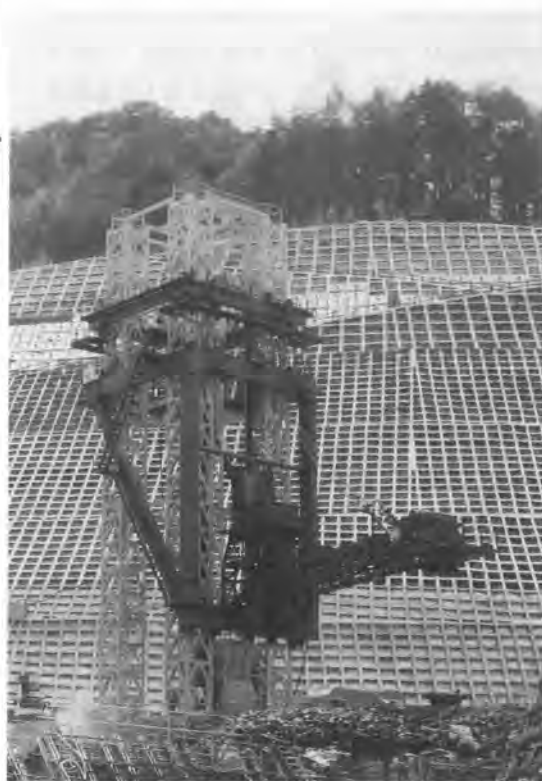


写真-2 設備全景（新設備Ⅱ実証機）

(3) 主な機能

1) コンクリートの運搬

新設備Ⅱによるコンクリート運搬は、まず、トランスフォーマでタワーの足元まで運ばれてきたコンクリートがバケットに投入され、バケットは巻上げ機によりタワー内を上端ま

表-2 主要諸元 (新設備Ⅱ実証機)

①タワー		ベルト幅	1,200 mm
クレーンB型7スト×4柱	□1.9m×1.9m, L=6m	長さ	13 m
②コンクリートバケット		ベルト速度	50m/min
容量	9 m ³	起伏角度	±10°
③巻上機		出力	70 kW
出力	110 kW	⑤クライミング装置	
バケットの巻上げ速度	17 m/min	油圧メインシリンダ	φ 250×φ 150×4本
④フィーダベルコン		油圧ロックシリンダ	φ 50×φ 28×8本
運搬能力	1,950 t/h		

で巻き上げられる。次にその位置でバケットのシャットが開放され、コンクリートはホッパーを通してフィーダベルコンに積み替えられる。そしてフィーダベルコンが作動してコンクリートをダム堤体上で待つダンプトラックに積み出す。以上がコンクリート運搬作業の1サイクルである。

また、運搬性能はコンクリートバケットの鉛直搬送能力から決まり、バケット容量と巻上げ機との組み合わせによりフレキシブルに設定できる。一例として、バケット9m³×2基、バケット巻上げ速度90m/minにおける理論運搬性能を図-4に示す。

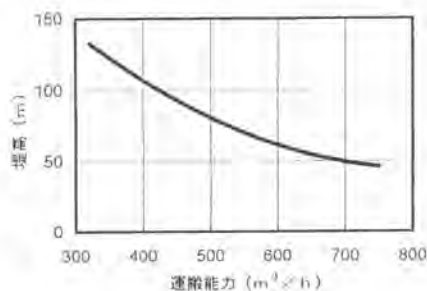


図-4 理論運搬性能 (新設備Ⅱ)

2) クライミングステージの上昇

タワー上端までバケットで運ばれてきたコンクリートを、水平方向に引き出すための各設備が納められたクライミングステージは、ダム堤体の成長に応じて、タワーに沿って上昇出来るようになっている。この上昇機構は、セルフクライミング式のタワークレーンの上昇機構と基本的に同じである。

(4) 施工事例

平成8年、新設備の性能試験と運搬物であるコンクリートの品質試験を目的とした試験施工を実施し、実施工への適用に問題のないことを確認した。そして、その結果を踏まえて平成9年には、長野県水上ダム (堤高38m、堤体積66千m³) 本体工事の一部に当設備を適用した。

4. 従来設備との比較

一般的な従来設備である固定式ケーブルクレーンと新設備との比較を、表-3に示す。

経済性に関しては、堤体積がそれぞれ6、30、130万m³の実際のコンクリートダム工事をモデルとして、主運搬設備としてケーブルクレーン (固定式) と新設備Ⅱを適用した場合のコンクリート運搬費を試算して、比較を行った。各モデルにおける新設備Ⅱの運搬費をそれぞれ100として両者を相対比較したものが図-5である。試算では、堤体積が大きいほど新設備Ⅱの経済性の優位が顕著になるが、そ

表-3 従来設備と新設備との比較

項目	従来設備（ケーブルクレーン）	新設備 I・II
①自然環境への影響	・クレーン基礎やバッチャープラント等の仮設備工事に伴う、ダム天端以上の切取り量が多い。	・ダム天端以上の切取り量が、ケーブルクレーンに比べて少ない。
②設置に関する制約	・複数台の設置には検討を要する ・堤頂長が一定以上になると、設置できない	・複数台の設置が容易である。 ・堤頂長の長さによらずに設置できる ・新設備IIは、下流側には設置できない
③盛替えに関する制約	・堤体のコンクリート強度発現に左右されずに、盛替えできる。	・堤体のコンクリート強度がある程度発現しないと盛替えできない。
④安全性	・操作ミスが起きやすい。 ・飛来落下事故が起きやすい。	・操作ミスが起きにくい。 ・飛来落下事故が起きにくい。
⑤操作性	・操作するには免許が必要である。 ・操作にはある程度の熟練を必要とする。	・特別教育だけで操作できる。 ・操作が単純かつ簡易である。
⑥多機能性	・雑運搬にも兼用できる。	・雑運搬用設備を別途必要とする。
⑦経済性	※図-5参照。	

の原因として以下のことがあげられる。

- ・新設備IIによる施工は、堤頂部のために別途設備を必要とするため、堤体積が小さいと割高になる。
- ・ケーブルクレーンの基礎価格は、規格が大きくなるほど割高になる。一方新設備IIは、その構造上の特性から、運搬能力を増大させるのに部材をそれほど大型化する必要がなく、価格増の程度がケーブルクレーンほど大きくならない。

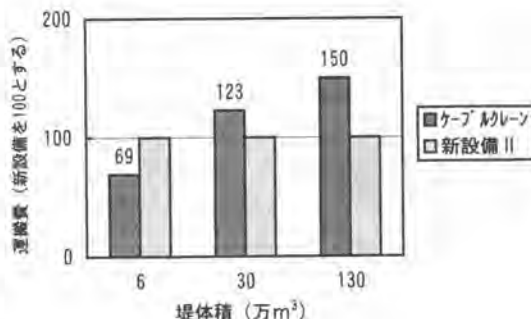


図-5 コンクリート運搬費の比較

5. おわりに

以上、2種類の新設備について述べてきたが、両者はともに（財）ダム技術センターからダム建設技術・技術審査証明を取得しており、新しいコンクリート運搬設備の開発という筆者らの当初の目的は達成できたと考えている。なお、2機種の使い分けとしては、ダム堤体の上下流のどちらにも設置できる新設備Iと、上流側のみに設置可能な新設備IIという位置付けである。

わが国は今後、限られた予算の中で効率的に社会基盤を整備していく必要がある、ダム工事においてもさらなる合理化、効率化が強く求められているのは周知のとおりである。このような状況の中で、今回開発した新しい設備がダム施工設備の選択肢に新たに加わることにより、ダム工事の一層の合理化推進に寄与できれば幸いとするとところである。