

ダム用コンクリート運搬設備「ライジングタワー」 (クライミング式つち形クレーン)

小松勝治¹・菊池俊彦¹・垂水直樹²・平塚毅²・宝示戸恒夫³・加瀬俊久³
・正井洋一³・安河内孝⁴

¹岩手県大船渡振興局鷹生ダム工事事務所 (〒022-0007岩手県大船渡市赤碕町字諏訪前37-4)

²正会員 清水建設株式会社 鷹生ダム作業所 (〒022-0005岩手県大船渡市日頃市町下甲子22-1)

³正会員 清水建設株式会社 土木技術本部技術第3部 (〒105-8007東京都港区芝浦1-2-3)

⁴清水建設株式会社 土木技術本部技術第3部 (〒105-8007東京都港区芝浦1-2-3)

昨今、ダム建設において環境保全対策および経済性について、従来にも増した一層の配慮が求められている。このような状況を踏まえて、ケーブルクレーン等によるコンクリート運搬設備の設置に付随して発生する地山の切取りを避けるため、ダム堤体上流にコンクリート運搬設備を配置することを基本として、自然にやさしく、経済的な新しいダム用コンクリート運搬設備の開発を行った。

本論文では、開発の経過および岩手県鷹生ダムでの実施工について報告する。

キーワード :ダム, コンクリート運搬, 施工設備, 自然環境保全

1. はじめに

昨今、ダム建設事業を取巻く状況は非常に厳しくなっており、とくにコスト縮減と環境保全対策については従来に増して一層の配慮が求められている。

コンクリートダムの施工法は、コンクリートの運搬方法そのものであると言っても過言ではない。運搬の良否が施工の成否を決定し、運搬の能率が工程を大きく左右する。運搬設備の変遷は、打設方法に大きく影響されており、従来工法である柱状ブロック工法においては、堤体内の任意の個所にコンクリートを供給しなければならないため、コンクリート運搬設備としてはケーブルクレーンによる方法が最適となる場合が多い。

しかしながら、ケーブルクレーンを設置することは、堤体の両岸の地山を切取ることとなり、環境保全面では必ずしも最適工法であるとは言えなかった。近年のコンクリートダムは、拡張レヤ工法やゼロスランプコンクリートによる RCD 工法 (Roller Compacted Dam-Concrete) などの面状工法が主流になってきており、堤体内を自走できるダンプトラックなどの運搬車両を利用すれば、必ずしも堤体内の全範囲をクレーンのサービスエリアとしなくてもよくなっている。

このような状況を踏まえて、コンクリート運搬設備の設置に付随して発生する大規模な地山の切取り

を避けるため、ダム堤体上流側にコンクリート運搬設備を配置することを開発の基本とし、その上で効率的な運搬方法とすることで経済性を追求することとした。本文では、開発を続けてきたコンクリート運搬設備が完成し、このたび岩手県発注の鷹生ダムに採用され、コンクリート打設が完了したので、その報告をするものである。

2. 新しいコンクリート運搬設備の開発

(1) 開発目標

開発の目標は、

- ① ダム用仮設備設置のために、ダム天端より上部の地山掘削を必要とせず、自然改変が小さいこと
- ② 猛禽類などの飛翔に影響が少ないこと
- ③ 経済的であること
- ④ 安全性が高いこと

の4点である。開発内容は、

①のダム天端より上部の地山掘削を必要としない運搬設備として固定式タワークレーンがあり、数多くのダム現場で使用されているが、他種の運搬設備と比較して基礎価格が高いのが現状である。よって、低コストで、ダム天端より上部の地山掘削をまったく行わない運搬設備を開発する。

②の猛禽類などの飛翔に影響が少ないについては、ケーブルクレーンはワイヤーを天空高く設置することで猛禽類の飛翔への影響が懸念され、同様に固定式タワークレーンも75mと比較的長いブームが常時旋回することで猛禽類の飛翔への影響が懸念されている。よって、移動距離が短い運搬設備を開発する。

③の経済性については、現在ダム用運搬設備において、固定式ケーブルクレーンの基礎価格が最も低コストである。よって、固定式ケーブルクレーンと同程度の経済性を有する運搬設備を開発する。

④については、ケーブルクレーンおよび固定式タワークレーンは広範囲を移動または旋回することで、常に飛来落下などのリスクが懸念されている。吊荷の移動距離を短くすることで飛来落下などの可能性のある範囲を限定し、安全性を高める運搬設備を開発する。

以上の点を検討し、運搬設備の開発を行った。

ケーブルクレーンを設置した場合の問題点を図-1に示す。

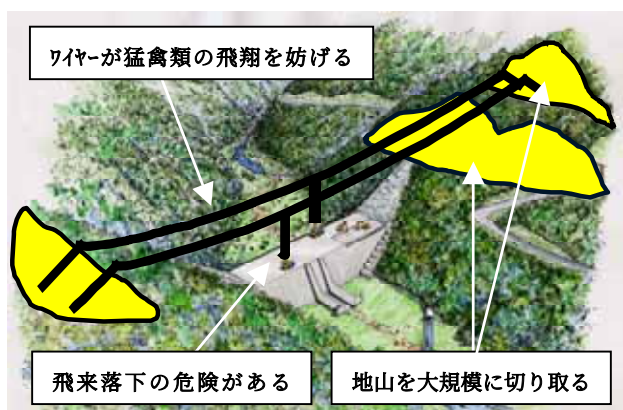


図-1 ケーブルクレーン設置した場合の問題点

(2)開発の構想

ダムのコンクリート製造および運搬設備は、ダム天端およびその上部に設置されることが多い。その場合、設備の設置のためにダム天端付近が大きく掘削され、自然改変が行われる場合がある。この問題点を解消するには、設備をダム上流側の貯水池内に設置することが最も有効で、現に固定式タワークレーンを使用しているダム現場が多数ある。しかし、固定式タワークレーンの基礎価格が、比較的高いことが問題点である。

この問題点を解決するために、ダムの上流側に設けたコンクリート製造設備から出荷されたコンクリートをできるだけシンプルにかつ短距離で堤体上に運搬する開発構想を具体化し開発を行った。

図-2に開発構想を示す。

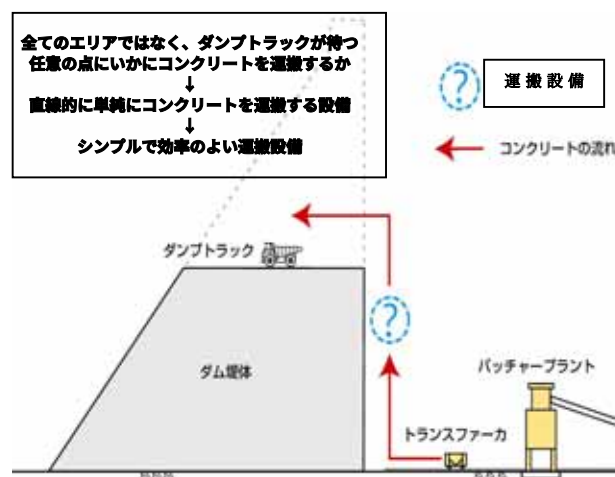


図-2 開発構想

岩手県発注の鷹生ダムに採用されるまでには過去2回運搬設備を開発・試験施工を行った。開発は平成8年から行われ、第1回目は熊本県内の砂防ダムで「クライミングライン」を、第2回目は長野県水上ダムで「ライジングタワーⅠ」の開発を行い、それぞれ試験機を作成し、試験および実施を行った。

(3)クライミングラインの開発

当設備は、堤体の上流面あるいは下流面に走行用レールを設け、巻上機を搭載した移動式の架台を堤体上に設置し、巻上機によりバケットを昇降させコンクリートを下方から堤体上に運搬するものである。

巻上機を搭載した移動式架台は、内側支持架台と外側支持架台に、それぞれ装備されている油圧シリンダを交互に作動させることで、堤体の打上がりに応じて上昇および水平移動を可能としている。また、バケット台車に車両搬送用架台を装備することで、車両を運搬することができる。当設備のコンクリートの運搬能力は 2.5m^3 である。

設備の最大の特徴は、コンクリート打設場所に巻上機を搭載した移動式架台が設置されていることで、ダムの下流面側にも設置可能である。

名称を「クライミングライン」とした。写真-1にクライミングラインの使用状況を示す。

当設備は、平成8年3月に法人団体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た。

この設備の問題点は、コンクリートの打設場所に巻上機などが搭載された移動式架台があることで、コンクリートの受取りや運搬などが煩雑化することである。

以上の問題点を解決するために、全ての設備を堤体外に設置する運搬設備を研究・開発を行い、試験

機を作成し長野県水上ダムで試験施工を行った。

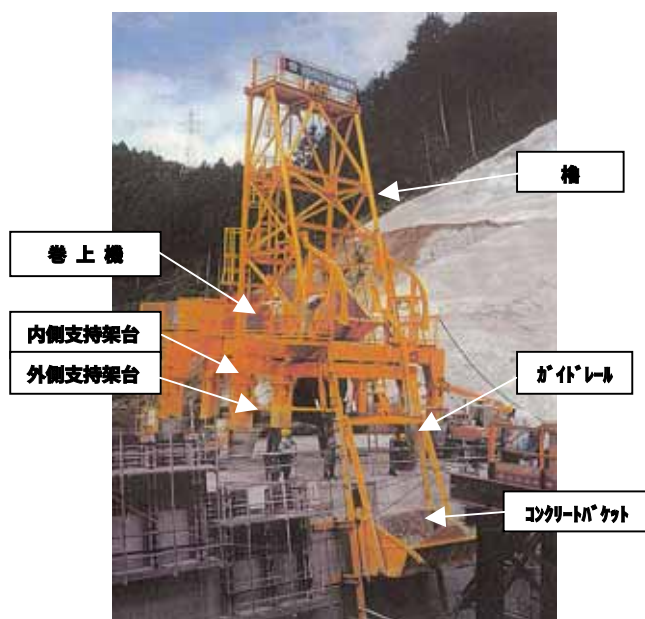


写真-1 クライミングラインの使用状況

(4)ライジングタワーⅠの開発

当設備の概要は、堤体上流側に設置したマストに、スイングシュート、ホッパー、フィーダベルコンを搭載したクライミングステージ（以下ステージと称す）を取り付け、マスト基礎近くに設置した巻上機により、本設備に運搬されたコンクリートを下方から堤体上に設置されたダンプトラックに供給するものである。マストは一般的に建築などで使用されているものを4本使用した。実際には設置していないが、資機材などの雑運搬は、マストの天端にジブクレーンを設置して使用する計画であった。当設備のコンクリートの運搬能力は 9.0m^3 である。名称を「ライジングタワーⅠ」とした。

この設備の特徴は、コンクリートバケットで運搬されたコンクリートは、フィーダベルコンを使用して堤体内に運搬されることである。当設備もステージに搭載されたシリンダで上昇・降下することが可能である。

当設備は、平成10年3月に法人団体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た。写真-2にライジングタワーの使用状況を示す。

この設備の問題点は、資機材の搬出入のためにマストの頂部にジブクレーンを設置する必要があること。また、コンクリートの移し替えが、バッチャープラントから堤体内のダンプトラックまで5回となり、品質に問題無いものの、ロスタイムが多くなることである。



写真-2 ライジングタワーⅠの使用状況

3. ライジングタワーⅡの開発

クライミングラインおよびライジングタワーⅠの開発・実験および実際に使用した結果、問題点が抽出された。それに基づき、堤体積 $30\sim 50\text{万m}^3$ の中規模ダムに対応する運搬設備を再検討した。

再検討した項目は、

- ① コンクリートの運搬能力を 4.5m^3
- ② コンクリートバケットを外すだけで雑運搬が可能
- ③ 10t ダンプトラックの搬出入が可能
- ④ ダム高さ 75m クラスまで使用可能
- ⑤ 延伸用のマストの取り込みおよび組立を設備本体で行い、特殊な補助設備を必要としない
- ⑥ マストセンターからの水平移動距離を 10m 以上
- ⑦ 上下流の幅が狭くなる堤頂部の打設が可能
- ⑧ 組立・解体日数の短縮
- ⑨ 経済性

である。以上の項目を満足する運搬設備として、仕様を表-1、性能を表-2、主要設備を図-3に示すようなライジングタワーⅡ（以下、ライジングタワーと呼ぶ）を開発した。

この運搬設備の特徴は、

- ① 吊荷は、垂直・水平方向のみに移動するので、設備が簡素化し、軽量化が図れる
- ② マストが1本であること
- ③ マストは建築などで多用されている汎用性の高いマストを使用

表-1 ライジングタワーの仕様

・吊上荷重	17.1t
・定格荷重	16.5t
・使用バケット	最大 4.5m ³
・水平ジブ長	19.0m
・巻上速度	実荷巻上 71m/min 空荷巻上 76m/min 巻下速度 71m/min 実荷巻下 71m/min 空荷巻下 142m/min
・横行	40m/min
・昇降部の上昇	0.22m/min
・電源	3相 AC400V50Hz
・巻上機の最大出力	250kW
・横行装置最大出力	7.5kW
・マスト	1.9×1.9m 6.0m/本

表-2 ライジングタワーの性能

・常態として定格荷重の 80%以上の荷を吊るクレーン
・荷重を受ける回数 2.5×10 ⁵ 回以上 5.0×10 ⁵ 回未満
・吊上装置等の使用時間 3200 時間以上 6300 時間未満
・吊上装置等の等級 E (クレーン構造規格第 20 条及び第 50 条の吊上装置等の等級による)
・強風時の使用制限 10 分間平均風速が毎秒 30m 以下で使用可能

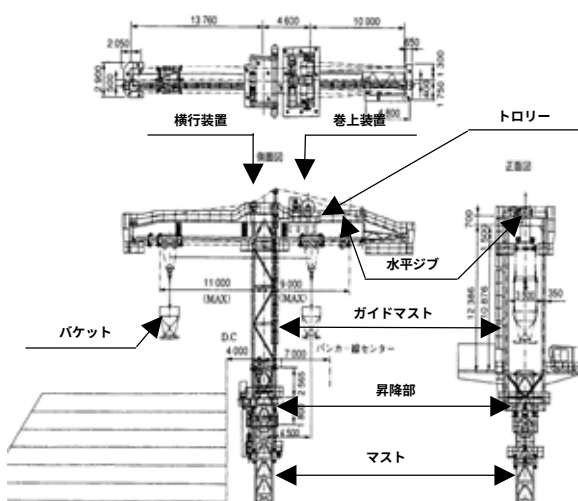


図-3 ライジングタワーの主要設備図

- ④ 運搬サイクルについて、ダム重心位置では同規模のケーブルクレーンと同等程度の能力を有す。下方からの運搬となるので、ダムの上下流方向が大きい低標高部では、運搬距離が短くなり、その結果運搬能力は大きく、打設時間の短縮が可能
- ⑤ マストの接続は、設備本体で取り込み後、組立が可能。補助設備を必要とせず、搬入・組立・ステージの上昇まで約4時間
- ⑥ 中間支持金具を2箇所使用することで、ダム高75m級まで使用可能
- ⑦ 10tダンプトラックなどの大型重機の搬出入方法は、コンクリートバケットを取り外し、専用の台車に搭載する
- ⑧ 組立日数が約60日間、解体日数が約30日間
- ⑨ 吊荷は、垂直・水平方向のみに移動するので、飛来落下事故などのリスクが少ない

である。

ライジングタワーを採用するに当たっての最大の懸念事項は、上下流が狭くなる堤頂部の運搬および打設方法であった。これについては、不整地運搬車およびスプレッドャベルトコンベアなどの検討を行った。

4. 岩手県鷹生ダムでの実施工

鷹生ダムは、岩手県大船渡市に位置し、岩手県発注のダムである。当ダムの周辺地域は、五葉山を中心として当ダム貯水池の一部を含む地域が「五葉山県立自然公園」に指定されており、多くの針葉樹林、広葉樹林に囲まれ、北限のニホンジカ、ニホンザル、ニホンツキノワグマ、ニホンカモシカ、アナグマ、テンなど、また、地名の「鷹生」から分かるようにイヌワシ、オジロワシなどの希少な猛禽類も多数生息している。

発注者である岩手県では、平成9年度からイヌワシなどの希少猛禽類の生息実体調査を実施しており、その調査結果をもとに猛禽類に関する学識経験者や有識者を中心とした鷹生ダム「自然との共生」検討会議を平成11年度から毎年開催し、その中でイヌワシの生息と鷹生ダム建設事業との関係や共生できるための工法の検討「自然との共生」をダム建設最大のテーマの一つとしている。

これを受けて、企業体は「自然と共生する運搬設備」として、当初計画されていた固定式ケーブルクレーンによるコンクリート運搬に替えて、ダム上流河床部に設置される「ライジングタワー」を提案し、岩手県大船渡地方振興局鷹生ダム建設事務所との協議及び指導を経て、経済性および運搬性能はケーブルクレーンと遜色なく、環境面で優れる「ライジングタワー」の採用に至った。

鷹生ダムの諸元を表-3に、ライジングタワーの設置イメージを図-4に、鷹生ダムへの配置計画を図-5に示す。

表-3 鷹生ダムの諸元

・事業主	：岩手県
・建設場所	：岩手県大船渡市日頃市町中甲子
・形式	：重力式コンクリートダム
・ダム高	：77.0m
・堤体長	：322.0m
・堤体積	：328,000m ³
・集水面積	：17.0km ²
・湛水面積	：0.39km ²
・総貯水量	：9,680,000m ³
・有効貯水量	：9,000,000m ³
・計画高水流量	：330m ³ /sec
・工期	：平成10年7月13日～平成19年3月15日



図-4 ライジングタワーの設置イメージ図

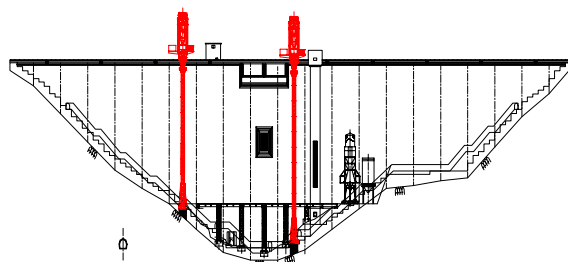


図-5 ライジングタワーの配置計画図

当設備を設置するに当たり詳細な検討を行った。検討内容は、

- ① 設置台数
- ② 設置位置
- ③ 設置高さ
- ④ 上下流が狭くなるダム堤頂部の打設方法である。

①について、開発したライジングタワーの運搬能力であれば、1基で十分である。しかし、ライジングタワー設置ブロック箇所を打設した場合、コンクリートの若齢強度の問題により翌日の運搬作業に支障をきたす恐れがあり、特に気温が低い場合はコンクリートの若齢強度が小さく、ダンプトラックの走行は望ましくなく、その結果打設が不可能となる恐れがある。また、ダムに使用する資機材の搬出入は、コンクリート打設時間の40%近くあり、雑運搬作業は重要と言える。以上を考慮して設置台数は2基とした。

②について、堤体内に設置される洪水吐き・取水設備・エレベータなどの構造物と運搬距離などを考慮して計画した。

③について、コンクリートの製造設備およびバンカー線の高さによって設置高さを計画した。

以上を考慮して、図-5に示す位置に配置計画を示す。

④について、堤体内の運搬をダンプトラックで行う工法において、上下流方向が狭くなる堤頂部は問題になり、過去にダム天端までダンプトラックで運搬・打設した事例は1件のみと非常に少なく、堤頂幅5.0mでは事例が無く、発注者および現場担当者が一番懸念している項目であった。当初はスプレッドバートコンベアなどを検討したが、新規に制作する必要があることから、もっと簡易な工法で経済的な工法を検討した。

検討した結果、

- 荷台が360度回転可能な大型の不整地運搬車(くるくるダンプ)での運搬・打設
- 橋梁のピアなどは、ダム用コンクリートをライジングタワーで運搬後、堤体内を生コン車で運搬し、コンクリートポンプ車で打設

により打設が可能と判断し、施工した。その結果、ケーブルクレーンの打設スピードとほぼ同じであった。ただし、資機材の搬出入などがやや煩雑化したが、ダム天端まで運搬・打設を行うことが出来た。

当ダムのコンクリートは、河床付近はダンプトラックの直送方式で打設を行い、河床から打設高さ11mほど打設後、ライジングタワーによる運搬・打設に切り替えた。堤体打設は平成13年3月から開始し、平成16年6月に完了した。

当初計画されていた固定式ケーブルクレーンおよ

びライジングタワーの計画時の理論運搬能力と実測での運搬能力を図-6に示す。

重力式コンクリートダムの形状は、三角形を基本としているので河床付近では上下流幅が広く、そのため打設量が多くなる。ライジングタワーは下方から運搬するので運搬距離が短くなり、固定式ケーブルクレーンと比較して最大で約35%運搬能力が大きくなる。その結果、コンクリートの打設工程は、当初計画より約4ヶ月短縮された。

マストを使用するクレーンは、自立で使用する高さは約30mである。よって、30mより高くして使用する場合、中間支持金具が必要となる。鷹生ダムにおける中間支持金具の詳細を図-7に、ダム天端まで設置した場合の中間支持金具の配置を図-8に示す。

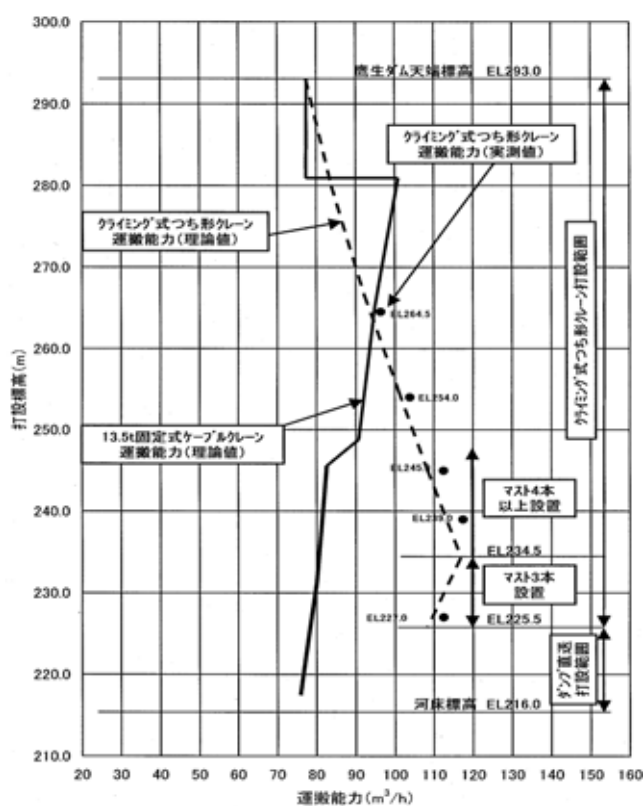


図-6 運搬能力の比較図

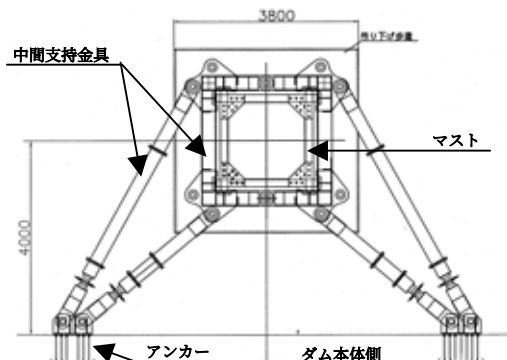


図-7 中間支持金具詳細図

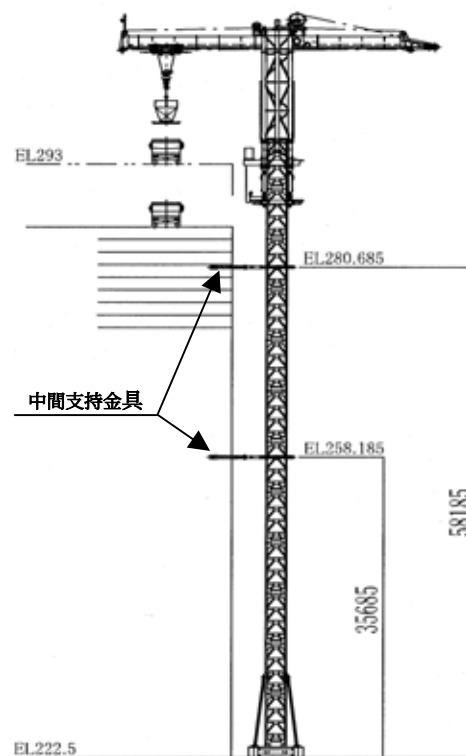


図-8 中間支持金具配置図

中間支持金具のアンカーは、堤体の外部配合内に設置し、養生期間が28日以上になるように計画した。中間支持金具への取り付けは、堤体内で型枠のスライドなどに使用しているレッカーを用いて取り付けを行った。

設備本体の上昇は、延伸用のマストを1本(6.0m)を取り付けた後、1回当たり1.5mの上昇を行い、4回繰り返すことでマスト1本分の上昇を完了する。1本当たりの上昇に要する総時間は約4時間程度である。

鷹生ダムの全景を写真-3、施工全景を写真-4に、打設完了を写真-5に、主要設備を写真-6に、コンクリートバケットの上昇状況を写真-7に、堤体内への水平移動状況を写真-8に、マストの接続状況を写真-9に、ステージの上昇状況を写真-10に、中間支持金具の設置状況を写真-11に、堤頂部の不整地運搬車による運搬状況を写真-12に、10tダンプトラックの運搬状況を写真-13に、解体状況を写真-14に示す。



写真-3 鷹生ダム 全景



写真-4 施工全景



写真-5 打設完了状況

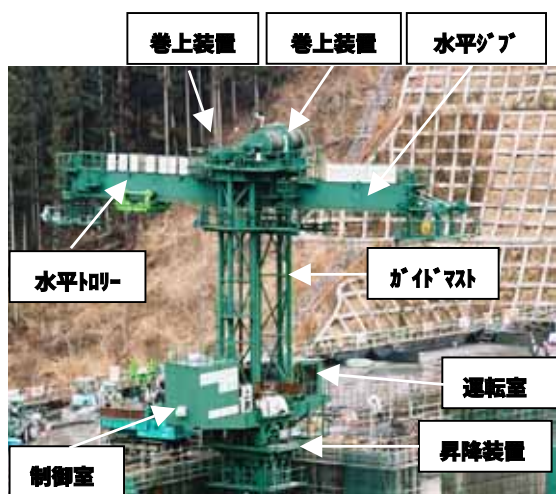


写真-6 主要設備



写真-7 コンクリート
バケット上昇状況



写真-8 水平移動状況



写真-9 マスト接続状況



写真-10 ステージ上昇状況



写真-11 中間支持金具設置状況



写真-12 不整地運搬車(くるくるダンブ)
による堤頂部運搬状況



写真-13 10t ダンプトラック搬入状況



写真-14 解体状況

5. おわりに

鷹生ダムは、五葉山県立自然公園に隣接する景観と自然に恵まれた位置にあり、「自然との共生」が当ダム建設のテーマのひとつとなっている。このため、コンクリート運搬設備としてケーブルクレーンに代えて、工事による周辺環境への影響を軽減できる利点を持つ本設備が採用され、平成16年6月に打設が完了した。

頂部打設では、資機材の搬出入がやや煩雑化したが、ケーブルクレーンで計画した打設スピートを十分に満足し、ライジングタワーが最も得意とする重心付近では打設スピートが早く、工期短縮に大きく貢献し、十分な力を発揮した。

当設備は、平成15年12月に法人団体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た。

最後に、システムの採用に当たりご指導・ご助言をいただいた関係各位の皆様には紙面をお借りして、深く感謝する次第である。