

高度なダム管理を目指したケーブル配線計画

後 雄貴

独立行政法人水資源機構 川上ダム建設所 機械課 (〒518-0294三重県伊賀市阿保251)

川上ダムでは新規ダム建設に伴い、ダム管理に必要な不可欠な動力ケーブル、通信ケーブル、光ケーブルなど各種ケーブル配線の計画策定にあたり、(独)水資源機構の管理施設におけるこれまでの経験を取込むことにより高度なダム管理を目指し、従来よりも安全で職員が快適にダム管理が行える設備設計に取り組んだ。

本論文では、ダム管理を意識したケーブル配線計画の考え方、現地条件を考慮した適切なケーブルの選定など川上ダムにおける総合的なケーブル配線計画及び関係部所と実施した調整事項について取り纏めたので、報告するものである。

キーワード 情報技術、水中光ケーブル、漏洩同軸ケーブル

1. はじめに

川上ダムは、淀川水系木津川の左支川である前深瀬川と伊賀市布引峠に源を発する川上川の合流地点に建設される重力式コンクリートダムである。

ダムの堤体内には、各管理設備とダム管理所とを接続する非常に多くの様々なケーブルが長距離に渡り配線されており、その種類は動力ケーブル、通信ケーブル、光ケーブルなどがある。新設ダムの建設に伴い今回全てのケーブルについて配線ルート計画の作成から必要な電線管路やケーブルラックの設計を実施した。また近年映像伝送などの大容量通信、Wi-Fi環境がどこでも利用できることから、川上ダムにおいても光ケーブル、漏洩同軸ケーブルを積極的に採用し整備を行った。

2. ダム本体における配線

(1) 動力ケーブルの2重化

ダムの管理設備で特に重要なゲート設備の「動力ケーブルは原則として二重化を図る」ことが、ダム・堰施設技術基準(案)に明示されている。

ダムにおいて、配電線路に障害が発生するとケーブル長が長く、復旧のため長時間の電源断によりゲート操作が行えず、ダム管理の運用を阻害することとなる。動力ケーブルは通常20年以上使用するが、経年劣化による絶縁不良や水トリー現象による短絡事故や地絡事故が発生することがある。川上ダムの場合、洪水吐ゲートが1門のみであるため、動力ケーブル障害による電源断でゲート操作ができない状態になることがないように動力ケー

ブルの二重化を図り、配線系統の切替を行うための電源切替盤を設置した。そのため、動力ケーブルに障害が発生した場合でも即座にバックアップ用の配線系統への切替が行える作りとしている。利水ゲートについても同様に動力ケーブルの二重化と電源切替盤を採用している。図-1に川上ダム動力ケーブル配線図を示す。

機側操作盤の制御電源は、動力電源に異常が生じた場合でも状態の監視を可能にするため、動力電源とは別ケーブルによる配線としている。

(2) 通信ケーブルの光化による効率化

通信ケーブルには光ケーブルを採用する。光ケーブルは、光に変換した信号を非常に細い光ファイバーの中に通して通信するため、光ファイバーを増やすことで同時に多数の通信を行うことができる。ダムコンの機側伝送装置で集約した制御・監視信号やCCTVカメラ映像等を1本の光ケーブルでダム管理所内まで伝送できるため、設備毎に敷設する複数のメタルケーブルを集約し、少ないケーブル本数で効率的な通信を行える。また構造上雷害に強い特徴もある。

3. 管理しやすい機能的な配線経路の構築

(1) 堤頂道路部配管の工夫

川上ダムは重力式コンクリートダムであるため、堤頂に敷設する埋設配管は本体コンクリートにより周囲を固めるため、将来的にケーブル配管が不足した場合や配管内の詰まりにより使用できなくなったとしても増設することが不可能である。そのため、管理移行後数十年が経

過しても支障なくケーブルの通線や更新作業が行えるよう今後将来の管理を考慮した設計とする必要があり、当初計画が非常に重要となる箇所である。

機構内の既設コンクリートダムにおける堤頂道路配管に関する留意点を他ダム担当者に聞き取った結果、管理年数の経過と共に建設当初より付帯設備が追加されケーブル本数が増え、配管本数が足りなくなるという意見が多かった。

川上ダムでは堤頂道路に歩道部がないこともあり、堤頂道路部に埋設するしかない構造である。右岸管理所側から堤頂道路へ配管ルートを敷設するため、もっとも配管本数が多い右岸側で動力電源用の配管φ100×12条(予備管4条)、通信制御用の配管φ80×15条(予備管5条)の敷設を行った。

また、配線用ハンドホールは堤頂道路に7個設置し、配管本数が多い箇所については、ハンドホール内での通線作業時の施工性を考慮し、角蓋タイプの大型のハンドホールを採用した。角蓋タイプは上部開口が丸蓋に比較し大きく開くため、通線作業がやりやすい特徴がある。

堤頂配管は本体工事で施工したが、採用する配管種類、詳細なハンドホール位置の決定、堤体建屋へのケーブル引込み方法の検討、鉄筋や止水板との干渉、プレキャストの開口調整など最終的な施工図を作成するにあたり、数ヶ月に渡る調整を重ねる必要があった。

本体コンクリートに埋設することから、通常の地中埋設であればFEP管または角型エフレックス管の採用となるが、次に示す問題を解決する必要があった。

- 配管本数が多くコンクリートが管路の隙間に入らない。
- バイバックによる締め固め時に配管が動き蛇行してしまう。
- 骨材により配管が潰れるもしくは損傷し内部にコンク

リートが流れ込む恐れがある。

コンクリート打設と必要な配管本数を考慮した結果、川上ダムではFEP管を合成樹脂製のユニットで固定した「合成樹脂製多孔管」による敷設が最適であると判断した。合成樹脂製多孔管であれば、複数の配管を一つのユニットとして扱えるため、管路隙間へのコンクリート充填不足や締め固め時のずれなどを心配する必要がなく、密実な本体コンクリート打設が出来る構造とした。

(2) 堤頂橋梁部配管の見直し

川上ダムは非常用洪水吐きがゲートレスの自然越流堤であり、ダム中央部は橋梁構造としている。堤頂の中央にある修理用ゲート室へ動力や通信線を敷設するためには、橋梁部への配管ルートを検討する必要がある。

当初設計では橋梁下部に厚鋼電線管G82×4条を吊る形で設計されていたが、このまま施工した場合、管理移行後の電線管のメンテナンス、ケーブル張り替え時の作業が非常に難しい形となるため、維持管理を考慮した新しい配管ルートの敷設方法の検討を行った。

堤頂高欄の外側に露出配管による敷設が一つの案として考えられたが、電線管が露出することによる景観上の問題があることに加え、高欄外側であるためメンテナンスのためには橋梁点検車などが必要になり容易にメンテナンスができるとは言えない構造となる。そのため、プレキャストで製作する高欄の内部に予めケーブル用の配管(φ50×3条、φ80×1条)をセットした高欄を製作した。高欄の堤頂道路側にケーブルを引き出せる開口部を設けることにより、堤頂道路から容易にケーブル敷設が可能な構造とした。

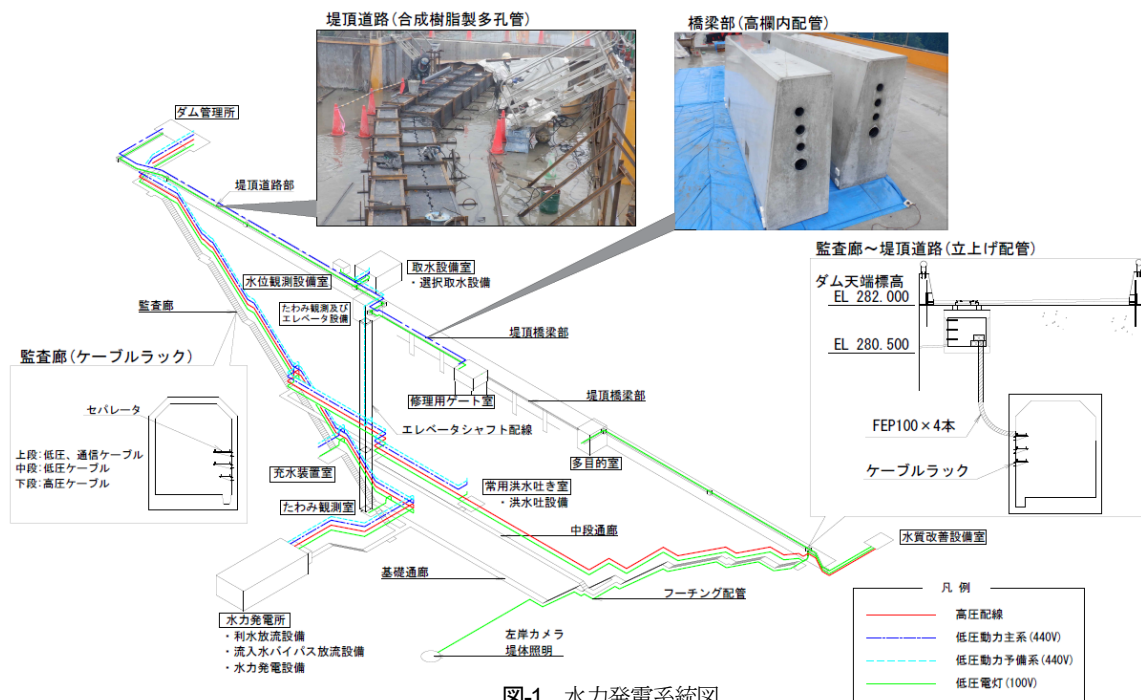


図-1 水力発電系統図

(3) 監査廊内配線経路の設計

ダム監査廊内は、ケーブルラックによる配線を行う。ケーブルラックの材質としてステンレス製、アルミニウム製、鋼製（めっきの違いによりZAM製、ガルバリウム鋼板製、スーパーダイマ製などがある）など複数の種類がある。ダム監査廊内は非常に湿気水気が多いことから、錆に強い耐環境性を考えるとステンレス製が最も優れているが、価格がほかの製品の1.5倍～2倍と高価である。また監査廊内は急な階段へのケーブルラック取付や敷設延長距離が長いので、耐環境性と価格に加え施工性も重要となる。自重が軽く施工しやすく、耐環境性に優れ、ステンレス製よりも価格が有利であるアルミニウム製のケーブルラック（写真-1）を採用した。

ケーブルラックは、高圧、低圧、通信でケーブルを分ける3段構成を基本とした。ケーブル本数が少ない箇所については、ラックの1段をセパレータで分割しまとめることで、2段もしくは1段構成とし、コストを抑えた経済的な設計としている。

左岸監査廊上部から水質改善設備室までのケーブルルートは当初計画では、監査廊から一度下流側フーチング部へ出て左岸端部処理工のコンクリート部分を迂回する計画となっていたが、今回本体工事と調整することで、監査廊から直接堤頂道路ハンドホールへ接続する配線ルートへ見直しを行った。その結果、約40mケーブルルートを短縮することができ、電線管敷設数量の縮減、配線工事の省力化を図ることができた。

4. 自営光ケーブル配線計画

(1) 水中光ケーブルの採用

川上ダムの上流約2.2km地点にある流入水バイパス取水堰とダム管理所を接続する光ケーブルルートとして、隣接する県道沿いのルートを調査した結果、途中から約1.4kmに渡り無電柱区間となることがわかった。電柱共架による架空配線ルートを選定した場合、無電柱区間に自営の電柱を建柱してルートを確保しなければいけないため現実的ではないことから、今回ダム湖内となる旧県道沿いに水中光ケーブルを敷設することで必要な通信路を確保する計画とした。

水中光ケーブルには、海底ケーブルを主に製作しているメーカーの光ケーブルを採用した。通常の光ケーブルと違い、ケーブル中心の光ファイバーを水密溶接ステンレスパイプで保護し、その周りを更に鉄線外装で保護する構造の光ケーブル（図-2）となっている。耐水・防水特性、耐側圧特性に優れたケーブルであるが、細径・軽量のため、曲げやすく工事施工が容易である特徴を持っている。

機構内における水中光ケーブルの実績として、徳山ダ

ム、室生ダムのダム湖への水中光ケーブルの敷設、木曾川用水水路内への水中光ケーブルなどの施工事例があり、施工から10年以上経過しても通信障害や断線などの不具合はなく、十分な信頼性があることが確認されている。

川上ダムでは試験湛水開始前に施工するため水がないドライな状態で効率良く施工することが可能である。取水堰ゲートの監視制御、水質、水位、CCTV映像の通信、将来の設備増設時の予備を含め、SM-20C（20芯）の光ケーブルを選定した。

(2) 架空光ケーブル

川上ダムから木津川ダム総合管理までの約11.3kmの区間にダム諸量、CCTV映像伝送及びブクアネット等の通信を行うための幹線光ケーブル（SM-40C（40芯））の敷設を実施する。図-3に光ケーブル系統図を示す。

光ケーブルの敷設方法として、中部電力柱・NTT柱への共架による架空配線により施工する。中部電力柱が305本、NTT柱が40本と数が多く膨大な共架申請書類が必要となる。また道路占用、河川占用、鉄道会社との調整、国交省ケーブルとの一束線化箇所、地元ケーブルテレビとの一束線化箇所、民地に立つ電柱や途中の支障樹木枝払いのため、94人（法人含む）の地権者へ対して電柱共架工事の説明及び樹木枝払いの承諾を用地課の協力を得ながら職員の直営作業で対応した。これらの各種手続き完了後ようやく現地工事が着手可能となる。必要な手続きは多いが、自営ケーブルのため災害等でも他社の影響を受けず、確実な通信回線の確保が行える。

また幹線光ケーブルに加え、川上ダム下流河川沿いに支線光ケーブル（SM-12C（12芯））約2.3kmを整備し、下流河川のCCTV映像を伝送する計画とした。ダム下流には3箇所のCCTVカメラを設置する。①下流河川合流点、②潜水橋地点、③水防基準点のダムからの放流を行う上で重要な地点の河川状況の監視が可能となる。



写真-1 監査廊ケーブルラック

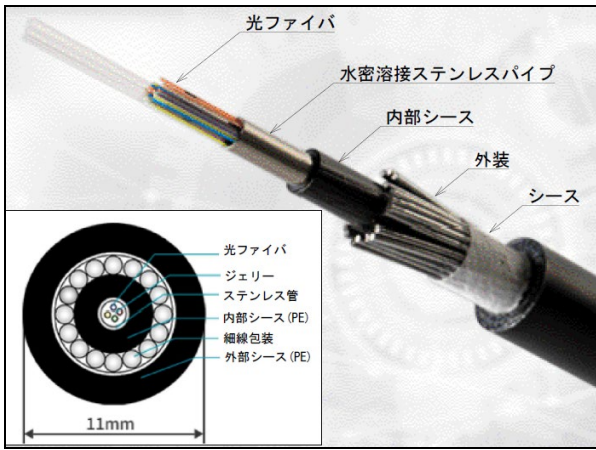


図2 水中光ケーブル構造図

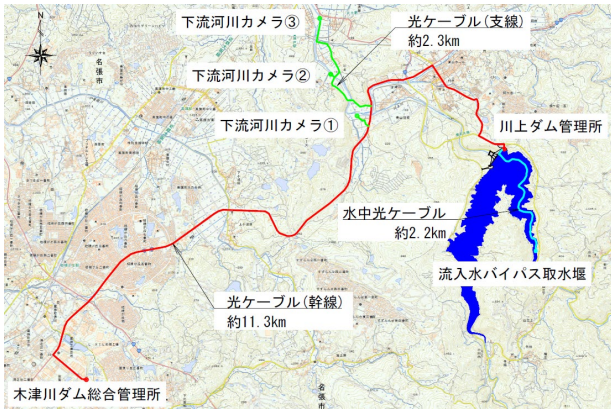


図3 光ケーブル系統図

5. 監査廊内無線通信環境の整備

監査廊内には、全線にわたり漏洩同軸ケーブル（以下LCXという）の敷設を行った。LCXはスロットと呼ばれる隙間から電波を漏らすことでアンテナとして利用できるように設計されたケーブルで、通常の無線AP（アクセスポイント）よりも電波が届く範囲は狭いが、トンネル内など外部から電波が届きにくい閉鎖空間や障害物の多い屈曲した空間でも無線通信が行える特徴があり、ダムの監査廊での無線通信方法として適したケーブルである。LCX構造と無線エリア比較を図-4に示す。

川上ダムでは監査廊内のLCXを使用して、Wi-Fi環境の整備を行った。またSSIDを分けることで同じ1本のLCXで2つの無線LANネットワークの構築を行い、スマートフォンを用いた内線電話の通信回線の構築を行う設計と

している。LCXの敷設により、電波の届きにくい監査廊内のどこでもインターネットへ接続できるWi-Fi環境と監査廊内のどこでもスマートフォンによる内線通話が可能な通信環境の構築を実現した（図-5）。監査廊内であっても圏外などの通信制限無く連絡ができる環境が確保されたことで、漏水等不具合があった場合の現地状況をテレビ電話で接続しながらダム管理所と連絡し、設計図や建設時の施工状況を現地にてオンラインで確認するなど、従来のダムと比較して非常に効率的な管理が行えるインフラが整ったと言える。ダム監査廊にLCXを整備したのは、水資源機構のダムでは川上ダムが初めてとなる。

6. おわりに

ダムの管理設備における配管配線設備は、もっとも目立たない設備の一つであるが、各ゲートへ動力電源を送り、ゲート制御や状態監視信号の伝送を行うダム管理上欠かせない重要な設備である。設備が常に正常に稼働するよう安全性・信頼性を確保することは当然であるが、今回計画する上で、管理のしやすさと将来的なケーブル更新・増設に対応可能な将来的な維持管理を考慮した設備設計ということを強く意識して考えた。また通信環境のインフラが整うことは、従来よりも高度なダム管理へ繋がる。監査廊内のWi-Fiとして無線APを導入し、一部エリアのみカバーすることがこれまで多かったが、川上ダムで採用したLCXを使用すれば監査廊全域を効率良くカバーできるため、今後他ダムでも有効な技術である。

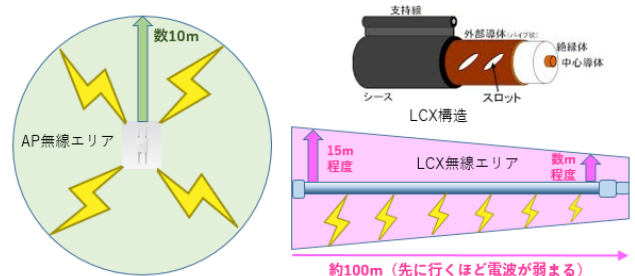


図4 LCX構造と無線エリア比較

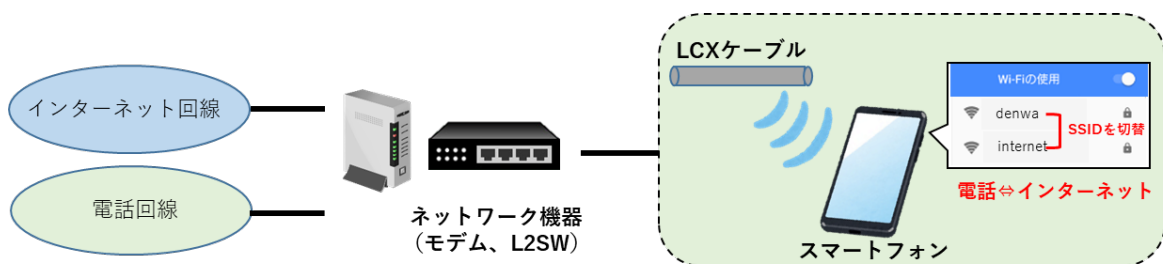


図5 LCXネットワーク構成