

補強工法

水危機



アーケレットダムで筆者

世界最初のアンカー使用は、アルジェリアのシエファータム嵩上げ(1934年、アンドレ・コイン設計)であり、プレストレスト技術の最初の大型実用例である。アンカー工は40年代にはアーチダムの有力な岩盤補強工法として発展し、56年には、最初のプレストレストダムとしてアルツナライジダム(英国、堤高244m、堤頂長約415m)が完成している。

それらを追って日本では、藤原ダム副ダム(57年完成、ダム以外も含めて国内最初のアンカー工)や川俣ダム岩盤PS工(65年完成、アーチダム両岸の岩盤補強用)における先駆的なアンカー使用が始まり、さまざまな技術開発がなされた。しかしその後、日本の

工法の発展経緯

適用は小規模ダムほど優位

アンカー使用は、斜面安定用や仮設用に主力が移り、ダムにおけるアンカーも貯水池斜面安定用が大半となった。一方、海外に目を向けると、ダム補強用アンカーの適用事例は非常に多く、欧米のダムにおいては、近年の耐震性能や設計対象流量などのダム安全基準の見直しやリスク評価に伴い補強が必要となり、ダム堤体や周辺基礎岩盤の多くがアンカーで補強されている。例えば、米国での2013年最新調査によくと、二重防食の導入が本格化した1990年以降、2012年までの北米、米国、カナダ、だけでもアンカー工事事件数の総数は470件にもなる。

補強用の種類

ダム補強用のアンカーとは、ダム堤体、周辺基礎岩盤、ゲート固定部の補強に用いられる構造物補強用アンカーを総称したものであり、グラウンドアンカーである貯水池の斜面安定用は含まれていない。ダム補強用アンカーの顕著な特徴は規模の大きさにあり、設計荷重2000kN・メートル以上、長さ50m以上にも達する大容量で長尺のアンカーが大半を占める。また、設計思想としては、構造物をプレストレスで定着するという考えから変位を基本的に許容せず、大容量・少数精鋭主義で

アンカーによるダム補強の世界概況

ダム技術センター ダム技術研究所 首席研究員 川崎 秀明

ほとんど普及しなかった日本

堤体補強用アンカーの最新事例として、英国アーケレットダムの事例を紹介する。当ダムは施工中に久保弘明氏(日本アンカー協会・技術顧問)と小生によって現地調査を行った。

(1)アーケレットダムの概要: スコットランド北西に位置する当ダムは、

最新事例アーケレットダム

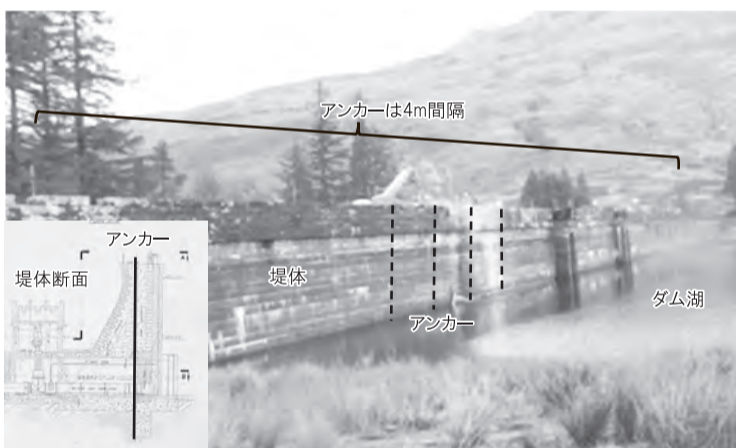
- a. 堤頂部の緊結による堤体嵩上げ(貯水容量増)
- b. 大規模地震に対する補強(鉛直荷重によるせん断抵抗増、引張応力発生個所の締付け)
- c. 最大洪水量の増に対する安定性確保(堤体と岩盤の締付けによる転倒・滑動防止、揚圧力対応)
- d. 堤体水平打撃目的の止水(鉛直方向締付け)
- e. 堤体真下の基礎岩盤の補強(岩盤間の締付け)

欧米では群を抜く標準工法

1914年完成の粗石コンクリート重力式ダム(堤高約15m、堤頂長320m)であり、上下流面は美しい赤い軟岩の切りが積まれている。ダムの目的は、インフレーションへの水道供給である。アンカー補強工事は、2014年6月から15年6月にかけて行われた。

(2)堤体補強の目的と決定経緯: 当ダム所有者であるスコットランド水公社は、当ダム使用100周年に当たり将来検討を行い、以下の結論を得た。

- ・スコットランド水資源におけるダムの役割を重視し、100年という長期未来を展望して100年後の2114年にも使えるダムとする。
- ・100年の使用を保障するものとして、いくつかのオプションを検討した。その結果、ポストテンションに



堤体天端でアンカー施工中、足場工なしで天端に機械類を配置。貯水位は通常どおり(2015年4月久保氏撮影)

100年使用を保証

海外のダム補強においてアンカー工は、経済性と広範な適用性から実績は群を抜いて多く、標準工法と言える。一方、国内では、アンカー工のダムへの適用は少ないが、小規模ダムの補強ほど、経済性・施工性・貯水池運用の上で大きな優位性を持つと期待できる。当センターとして構築物補強用としての設計法、施工法の検討を進め、より安全かつ経済的なダム補強用アンカーの実現に尽力したいと考えている。

今後の適用に向けて

よる堤体天端からの大容量アンカーの定着により、ダムを補強する(2)を決めた。

- ・選択理由は、「より経済的である。水位低下の必要がない。文化財を保存できる」である。
- (3)アンカー諸元: 設計荷重は3000kN・メートル、設計長さ300m・22本・27本、テッド長36m・56mと大容量・長尺であり、設置数も64孔と多く、合計荷重は既往最大級に近い。削孔(径311mm)は、エア式のダウンザホールハンマーによって高精度(削孔精度1/1000)・高速度を実現している。さらに防食仕様は、コルゲートシース(Corrosion)径10mm側グラウトの2重であり、耐久性にも十分配慮している。施工は仮設足場や大掛かりな河川処理もなす実施され、工事費も騰付けなどの他工法と比べると格段に安価である。

ちよつとした少雨ですぐに干ばつになる国や地域は乾燥した気候だから水不足で困るのではなく、然るべき貯留施設が十分に整備されていないからである。年に何度も浸水被害が生じる国や地域も低平なアルタ地帯に位置しているからではなく、堤防や排水施設、洪水を受け止める貯留施設が不十分だからである。水危機と聞いてもどこか遠い世界の話だと感じられるのは、日本が自然条件として水に恵まれた国だからではない。水の流れを調節し、堰き止め、流し、配り、きれいに戻すといった水管理インフラを先人たちが営々と何世紀にもわたって整備し続けてきてくれたおかげである。

そういう意味では国土審議会水資源開発分科会が2015年3月27日に「今後の水資源政策のあり方について」水の恵みを受けて『幅を持った社会システム』への転換を答申し、「多くの水資源開発施設の整備の進展



水危機とこれからのダムの役割

東京大学 生産技術研究所 教授 沖 大幹



タイで2番目に大きなダム貯水池Sirikit Dam

先人が営々と築いた水管理インフラ

をどうやって次世代に継承していくのか、である。もちろん、人口減や産業構造の変化により長期的には水需要が減ると想定されるため、水管理インフラもそれに合わせて縮小していく、というものが一つの考え方である。元々治水や利水の安全度は地震に比べると低く抑えられており、人口減を好機ととらえ、安全度の向上・確保を目指す、という方針もあり得る。

とはいえ、実際には現状の水管理インフラを減らしていくのは容易ではない。やはりある程度の戦略的な縮小・集約化は不可欠であり、整備時のインフラコストだけではなく維持管理コストも含めたライフサイクルコストの低い水管理インフラへと移行せざるを得ない。この場合、既存施設に関してインフラコストは関係ないので、維持管理や改修費用が高いものから運用の停止を検討するようになる。

よほど海水淡水化のコストが下がらない限り、利水目的には大規模ダム貯水池に代わる効率的な水資源確保手段はないと考えられるが、その機能維持

需要主導型からリスク管理型へ

のための排砂技術、あるいは堆砂対策のコスト削減が重要である。利水安全度も高いに越したことはないが、維持管理コストが捻出できなければ放棄せざるを得ない水管理インフラが今後出てくる可能性もある。一方で、まだまだ貯留施設を必要としている海外の最貧国でダム貯水池など水管理インフラの新規整備を日本の技術で実現することも、コスト削減が技術の普遍化と共に極めて重要である。

河川治水は堤防とダム貯水池の両者の連携によって達成されているが、堤防は延長が長く、維持管理補修のコストはダムに比べると決して安くはない。また、長大な堤防の全長にわたって正常な機能が維持されているかどうかを確認するのは困難であり、ダム貯水池の維持管理や機能回復、さらには嵩上げなどのコストを十分低く抑えることができれば河川流域によっては堤防のさらなる強化・高規格化よりはダム貯水池に軸足を置いた治水が推進されることも考えられる。

また、人為起源の温室効果ガス排出による地球温暖化に伴って気候は変動

維持管理・機能回復コスト減がカギ

しつつあり、台風全体の発生頻度はむしろ減っても中心付近の最大風速が毎秒60~70m/sといった「猛烈な台風」の発生頻度は増大すると予測されているため、今後じわじわと甚大な洪水被害をもたらされる可能性が高まると懸念される。都市のいわゆるゲリラ豪雨のよつと下流に降る雨は上流のダム貯水池では貯められないが、台風などの伴う雨は地形の影響を受け山岳の風上側で増大する。ことが知られており、上流ダム貯水池群で効率的に貯留し下流への洪水負荷を効果的に軽減できると期待できる。

「猛烈な台風」ではなかったが、15年9月の関東・東北豪雨に伴う鬼怒川の破壊的氾濫の際にも上流4つのダムで総治水容量1億2500万立方メートルの1億立方メートルを貯留し、下流の水位を25cm~56cm低下させて浸水戸数を半減できたと推定されている。現状の水予測精度では治水容量を最大限利用するのは極めて困難であると考えられるが、XバンドMPレーダといった観測手段や高速通信回線、超並列コンピュータリングなど最新の技術を統合して予測精度を向上させられれば、さらに有効に既存施設の治水・利水能力を引き出すことが可能となるため、そうした研究開発が今後ますます重要になると考えられる。

予測精度を高め能力引き出す

により、供給の目標は概ね達成される見通しであり、全国的にも、水の供給は概ね確保されつつある」と述べ、「需要主導型の『水資源開発の促進』からリスク管理型の『水の安定供給』へと、国民生活や社会経済活動の安全・安心を確保し、必要な水利用ができる社会を構築するための手段をさらに進化させることが重要である」と語ったのは喜ばしい。

しかし、この問題は、よやくやく一定水準の施設を整えた水管理インフラ

 飛鳥建設株式会社 取締役社長 伊藤寛治	 鉄建 代表取締役社長 林康雄	 佐藤工業株式会社 取締役社長 宮本雅文	 熊谷組 取締役社長 樋口靖	 安藤ハザマ 代表取締役社長 野村俊明	 株式会社フジタ 代表取締役社長 奥村洋治	 戸田建設株式会社 代表取締役社長 今井雅則	 大成建設株式会社 代表取締役社長 村田誉之	 清水建設株式会社 取締役社長 宮本洋一	 鹿島建設株式会社 代表取締役社長 押味至一	 株式会社大林組 取締役社長 白石達
-----------------------------------	------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------