

ダム耐震補強における堤体 PS アンカー工法の採用

株式会社大林組 ○正会員 森田 貴宏,正会員 徳永 篤,正会員 太田 親
松江市上下水道局 福本 英生

1. まえがき

千本ダムは、1918 年に完成した堤高約 15.76m、堤頂長 109.09 m、堤体積 7,507m³ の水道専用重力式コンクリートダム（島根県松江市東忌部町）である。堤体の安定性照査を行ったところ、洪水位で地震発生時に堤体の上流端に引張応力が発生し、安定性に問題があることが確認されたため、耐震補強工事を行うこととなった。

重力式コンクリートダムの耐震補強工事では、堤体の上下流に新たにコンクリートを打ち足す増厚工法が一般的であるが、千本ダムは、堤体が「国指定登録有形文化財」に認定されているため、ダムの外観を大きく変えられないことと、現在も松江市の上水道の 1/4 を担っている水道供給源であり、その供給を停止させないことという条件により、外観に影響を与えず施工中もダムの供用が可能な、国内のダムでは初めて堤体 PS アンカー工法による耐震補強を採用した。図 - 1 に堤体標準断面図、図 - 2 にアンカー配置図を示す。36 本の PS アンカーで合計 38,400kN の緊張力を導入し、耐震補強を行った。

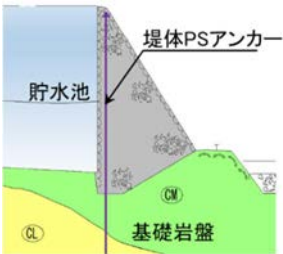


図 - 1 堤体標準断面図

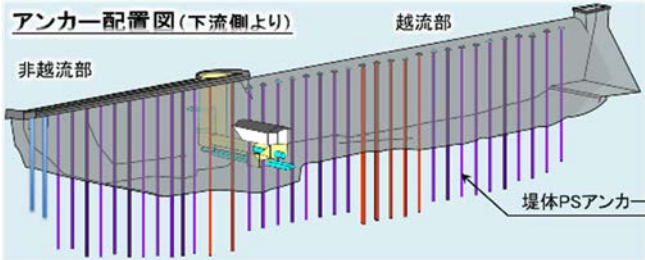


図 - 2 堤体 PS アンカー配置図

表 - 1 削孔方法比

項目	ダウンザホールハンマ (空圧式)	ロータリーパーカッション (二重管)
①削孔速度	速い	○ 比較的遅い
②削孔精度	高精度	○ 管理規格値±2.0%に 対して1%未満
③堤体への 影響	振動管理値2kineに 対して最大1.3kine	○ 同管理値に対して 最大0.3kine
④水運用へ の影響	油分を含む圧縮空気が 漏れた場合、取水停止 の可能性	△ 圧縮空気を使用しな い水堀りを採用するこ とで油漏れの心配無し
総合評価	△	○

ールハンマ方式を採用する予定であったが、非越流部の実施工で施工仕様を比較した結果、表 - 1 のようになった。千本ダムは供用中のダムであり、水運用への影響が重要な基準となるため、二重管ロータリーパーカッション方式での削孔を標準とした。ただし、削孔径が大きく削孔に時間がかかる Φ216mm の堤体削孔では、貯水池への油分流出の対策を行い、ダウンザホールハンマ方式の併用を行った。

一方、削孔精度の規格管理値である鉛直距離に対して水平方向 ±2%以内を確保するために、削孔開始時にビット先端がバタつき、削孔精度に問題が生じる可能性があったため、アンカー工事に先立ってコアドリルで 50cm 先行削孔することとした（写真 - 1）。これによりアンカー、削孔機のセットをスムーズに行うことができ、鉛直度の確保が確実となった。また、口元削孔の作業時間をアンカー施工サイクルから外すことが可能となり、



写真 - 1 先行削孔

2. 工事の課題と対策

施工するアンカー全 36 本のうち、23 本は越流部に配置されており、非洪水期の 8 か月間で仮設備設置・撤去、堤長部撤去・復旧も含めて完了させる必要があった。そのため(1)品質・安全を確保しつつ工期を守れる削孔方法の選定(2)手戻りの無い確実な施工サイクルの確立(3)限られた時間で国指定登録有形文化財外観の復旧が課題としてあげられた。

(1) 削孔仕様確認と精度確保

計画段階では、削孔能力、精度に優れるダウンザホ

キーワード : ダム耐震補強, 堤体 PS アンカー工法, 国指定登録有形文化財, 国内初

連絡先 : 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟

工程確保の一助となった。

(2) 堤体及び岩盤内での孔壁崩落対策によるサイクル確保

堤体は完成から 100 年以上が経過していること、御影石の巨石（最大直径 30cm 程度）の間にコンクリートを充填する粗石コンリート工法で施工されていること、およびコア採取の結果から、アンカー工削孔後の巨石の緩みによる孔壁の崩壊が予想された(写真-2)。一方、岩盤部では事前のボーリング調査で D 級岩盤層が確認されており、堤体内と同じくアンカー削孔後の孔壁の崩落の可能性が高いことが予想され、堤体内及び岩盤内両方で、孔壁崩落によるアンカーの品質低下および再施工による工程遅延リスクが課題となった。また、裸孔の状態で行った水圧試験で漏水量の管理基準を満たすことが出来なかった(表-2)。そこで、削孔直後にプレグラウトを行い、孔壁が崩落する前に孔壁を固め、翌日再削孔を行うことで孔壁を保持する工法を全孔で実施することとした。

プレグラウト工法では、グラウト後、再削孔を行うため、工程が 1 日多くかかることになるが、孔壁の崩落やテンドン挿入時にアンカー体が孔壁に引っかかることによる再施工といった、施工におけるリスクを排除することが可能となり、アンカー 1 本当たりの施工サイクルを確立することが出来たため、全体工程を確保することができた。また、強固な孔壁を保持することで水圧試験の数値も改善され、基準を満たしアンカーの品質を確保できた。

(3) 堤顶部復旧工の工程確保

千本ダムは重力式コンクリートダムの表面に御影石を積み上げた構造となっており、アンカー施工後の躯体復旧でコンクリート打設と石積みとを平行して行う必要があり(図-3)、最適な施工方法の確立による工程確保が必須となった。石積みの施工は歩掛及び出来栄が石工の能力に左右されるため不確定な部分があり、事前にモックアップを作成し、歩掛と出来栄の確認を行った(写真-3)。

結果、指定材料の忌部花崗岩の加工には設計の約 5 倍の人員が必要となり(設計: 0.1125 人/個、モックアップ: 0.5 人/個)、設計変更の対象となった。



写真-2 コア写真

表-2 A29 水圧試験結果

孔No.	水圧試験結果 (L/分)				
	規格値	補正規格値	項目	初回削孔後	プレグラウト再削孔後
A29	25	39.1	漏水量	45.0	4.0
			判定	不合格	合格

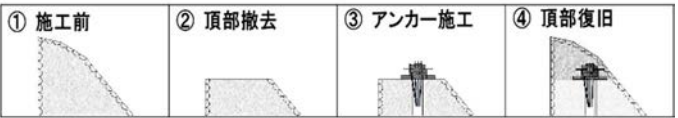


図-3 越流部顶部施工順序図

実施工においては工期遅延が予想されたため、越流部施工範囲を 3 ブロックに分割し、エリア毎にアンカー工→足場解体→頂部復旧と各工程施工終了後即座に次工程を開始するように変更したことで(図-4)、工程の遅延を起こす



写真-3 モックアップ

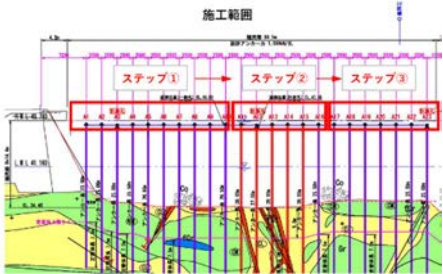


図-4 越流部ステップ図

ことなく施工し、越流部の作業を非出水期内で無事に完了することが出来た。

3. 今後の展開とまとめ

本工事は堤体 PS アンカー工法による耐震補強を採用した、日本初の工事であり試験的な部分もあったが、アンカー工法が大正 7 年に完成し完成後 100 年以上経過しているダムの耐震補強に十分対応可能であることが確認できた。この工法はダムを供用しながらの施工が可能であり、外観を損なわないというメリットを考えれば十分他のダムや構造物にも水平展開可能な工法であると考えます。

また、当現場では全孔でプレグラウトを行ったが、アンカー工法も確実に施工可能なサイクルを確立すれば計画通りに工程を進められ、今回のような工程が厳しい場合でも十分に施工可能な工法であることが確認できた。

今後、国内におけるダム再生事業の拡がりとともに千本ダムのような補強工事の増加が見込まれ、本件が同様の工事の参考になれば幸いである。