

日本最古の重力式コンクリートダム（布引五本松ダム）の堤体補強

神戸市水道局工事事務所 非会員 中川弘志 布引ダムJV 正会員 宮崎 弘
 神戸市水道局工事事務所 非会員 坂下良一 ㈱奥村組 正会員 中山 学
 神戸市水道局技術部 非会員 空中 博

1. まえがき

山陽新幹線新神戸駅から山側のハイキング路を生田川の渓流に沿って布引の瀧（雌瀧，鼓瀧，雄瀧）を経て，約1 km 登ると眺望がひらけその先に巨大な堰堤が現れる．この堰堤は俗称を布引ダム，正式には五本松堰堤と言い，日本で7番目の近代水道として1900（明治33）年に完成した神戸市水道水源貯水池堰堤で，わが国初の重力式コンクリートダムである．

この布引貯水池五本松堰堤は，100年間神戸市民の飲み水を給水してきたが，この度補強工事を行うこととなり，平成13年より貯水池の水ぬきが始まり，堆積土砂約20万 m^3 撤去および堤体の補強などを実施して，平成17年春に完成する予定である．

2. 布引ダムの概要とその歴史

外国人居留地を核とし，明治になる直前に形成された港湾都市神戸は，生田川，湊川等により形成された狭隘な土地の大部分が田畑であり，河川は灌漑用水と水車動力源として利用されていた．市民は井戸により飲料水を得ていたが，日照りが続く夏場にはしばしば湯水となり，神戸に立ち寄る船舶も給水を他の港で行う必要があった．

そこで，市民や港の船舶に対して飲料水を安定供給するため，本格的な水道施設を建設することとなった．英国人バルトンが明治26年に原案を作成し，長崎水道や広島軍用水道工事に携わってきた吉村長策（顧問技術者）や佐野藤次郎（主任技師）によって「神戸市水道水源貯水池堰堤」が1900（明治33）年1月に完成した（写真 - 1参照）．堰堤頂部側壁の石造銘板には下のような英文で，建設に従事した技術者の吉村，佐野および浅見忠治（監督技師）の名前がみえる．



写真 - 1 施工状況

CONSULTING ENGINEER MR.C.YOSHIMURA C.E
ENGINEER IN CHIEF MR.T.SANO C.E
RESIDENT ENGINEER MR.T.ASAMU
WORKS COMPLETED JAN. 1900

3. 堤体補強工事の概要

3-1. 本工事の背景

布引ダムは，当初759,000 m^3 あった貯水池容量も過去2回の大水害などにより流入した土砂のため417,000 m^3 にまで減少しているが，100年の間，神戸市の貴重な自己水源となってきた．この間，数回にわたる補修が行われてきたが，甚大なる被害をもたらした阪神・淡路大震災では，堤体からの漏水が大幅（2～4倍）に増大したため，学識経験者からなる『第2次布引ダム調査研究会』を開催し，被害の状況を把握すると共に，早急に行うべき対策の検討を行った．その結果，堤体と基礎岩盤からの漏水流量の増加と判断し，堤体内に亀裂の進行が考えられるので，堤体の一体化と遮水機能の改善を目的としたグラウト工事および基礎岩盤に関する亀裂を通る漏水防止のためのカーテングラウト工事を実施している（平成7年10月～平成9年3月）．この時，現堤体が現行のダム設計基準を満たさず，将来堤体の耐震性強化が必要であるとの提言により，『第3次布引ダム調査研究会』を開催した．研究会の結論および堤体補強方法の検討・実施設計の結果を踏まえて，補強工事を行った．

Hiroshi NAKAGAWA, Ryoichi SAKASHITA, Hiroshi SORANAKA, Hiroshi MIYAZAKI and Manabu NAKAYAMA

3-2 布引ダムの諸元

布引ダムは、図 - 1 のように表面は全面石張りで、上流側約90cmは止水コンクリート(セメント：細砂：砂利 = 1：2：4)、その下流側は粗石コンクリート(セメント：細砂：砂利 = 1：3：6)の配合のコンクリートの中に粗石を混入したもの)となっている。ダムの諸元を表 - 1 に示す。

3-3 現堤体の安定性

重力式コンクリートダムは、一般に2次元構造物として設計を行うことを基本としている。また、構造的安定性にかかわる条件は次の通りである。

滑動：堤体底のせん断摩擦安全率が4以上であること。

転倒：作用外力の合力が堤体水平断面のmiddle-thirdに作用し、上流端に引張応力が発生しないこと。

圧壊：堤体内圧縮・引張・せん断応力が許容値を超えないこと。

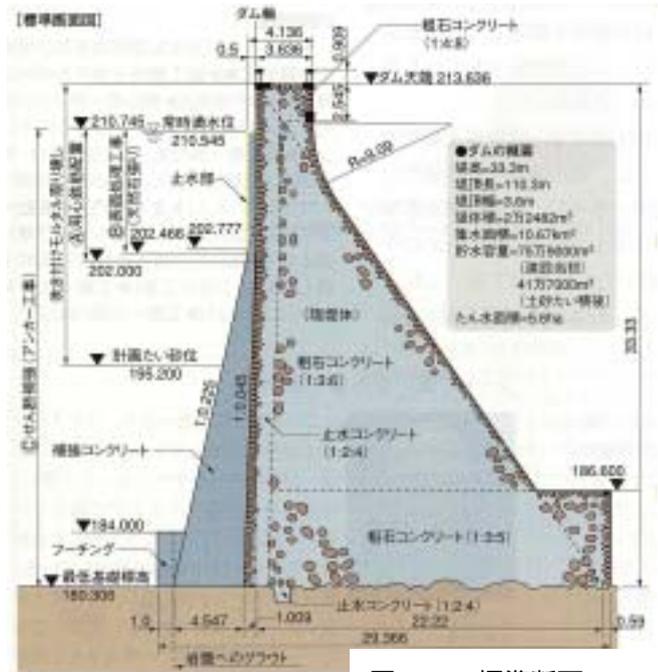


図 - 1 標準断面

これに基づき現堤体の安定計算を行った結果を表 - 2 に示す。

表 - 2 現堤体形状における安定計算結果

表 - 1 ダム諸元

ダム		貯水池	
型式	重力式	集水面積	9.8 km ²
堤高	33.33 m	湛水面積	4.8 ha
堤頂長	110.3 m	有効容量	417,000 m ³
堤体積	22,482 m ³	有効水深	15.3 m

水位条件	水位 (Kop. m)	せん断安全率 n (滑動)	判定	上流端応力 u(tf/m ²) (転倒)	判定	下流端応力 d(tf/m ²) (圧壊)	判定
設計洪水位	212.79	5.90		-1.3	×	72.8	
サーチャージ水位	212.54	4.99		-15.7	X	87.2	
常時満水位	212.545	4.69		-18.0	X	90.1	
空虚時	- - -	53.37		81.2		-1.3	
常時満水位 - 3.2 m	209.345	5.46		0.2		72.6	
安全条件		n > 4		u > 0		d < 許容応力度内	

3-4. 補強方法の検討および補強工事

布引五本松堰堤補強及び堆積土砂撤去工

事は神戸市水道100年を契機に、自己水源の確保を目的として、耐震補強工事とともに、貯水池を空にする期間を利用して堆積土砂を撤去することとなった。

補強の方法の検討結果、既設堤体上流部にファイレット(補強コンクリート、図 - 1 参照)を設け、転倒に対する安定性を確保するものとした。ファイレット形状は、底面幅4.5m、高さ24.7mとし、常時満水位までは既設堤体の漏水を防止するためコンクリートを打設している。

土砂の堆積は15mもあり、堤体の約半分(取水口近く)まで埋まっていた。その土砂は10%ぐらいの勾配で溜まっていたが、ダムに近づくにつれてヘドロが水平に堆積していた。堤体の下にある排泥管の入口付近には「神戸市水道臨時工事部」の焼印が押されていた枕木が埋め込まれていた。

4. まとめ

表面に石積みを施し周辺の自然に調和した美しい景観を生み出している本ダムは、平成10年12月「登録有形文化財」に登録されている。現堤体の景観に配慮し、増築部は常時満水位以下で収め、その表面には既設堤体に違和感のない天然石板による石張りを行った。また、貯水池の管理橋(トラス橋：構造歩道橋として供用)の高欄には、建設当時に資材を運搬したトロッコのレールを利用している。また、六甲山系のなかでも貯水池周辺は、有数の野鳥生息環境を有している。そのため、貯水池の水位が下がっても水辺を広く確保して、野鳥が生息しやすいような環境づくりや野鳥観察所などの整備を行っている。

今後、既設構造物を生かした補強工事が増えていくことが予想され、今回の報告が補強工事の参考になれば幸いである。(参考文献) 1) (社)土木学会図書館、旧蔵写真館、2) 第2次布引ダム調査研究会報告書 1997.3、