

## 我が国で最初のマルチプルアーチダム豊稔池の建設

群馬大学 工学部 正会員 辻 幸和

First Construction of Multiple-type Arch Dam in Japan  
-the Honen Reservoir-

by Yukikazu TSUJI

### 要 旨

昭和5年3月に香川県三豊郡大野原町の山村に、約4年の工期、延べ15万人、約52万円の工費を費して竣工し、すでに55年を経過した農業用かんがい用水ダムの豊稔池の建設について述べている。堤長が145m、堤高が30mと、現在では小規模なダムであるが、堰堤中央部87mの区間は、径間が9.7m、半径が6.7m、アーチの厚さが1.8~2.4mの5連のマルチプルアーチと6体の梯形のピアで構成されていることに特徴がある。建設当時、土堰堤からコンクリート堰堤に移行するだけでも画期的な技術革新であった時代に、重力式ダムより理論的また施工面でも困難であったマルチプルアーチ型式を、我が国で最初に採用したダムである。また、各ピアには独特なサイフォン型式の余水吐を設置し、ダムの管理を無人化する設計も採り入れている。

堰堤の築造には、当時用いられた粗石モルタルを採用し、表面部には型枠にも併用させた間知石を設置する工法を用いた。また、アーチ部の張出し部分には、施工が困難な間知石の代わりに、コンクリートブロックを積み上げていく工夫もされている。その外観は星霜を経るにしたがって、ヨーロッパの古城を思わせる風格がでてきている。工費の負担、施工時の組織ならびに海砂の使用など当時の施工方法等についても述べている。

(アーチダム、粗石モルタル、コンクリートブロック)

### 1. はじめに

月の光にも稲が焼けて枯れると、飲料水を土びんに入れて稲の根元に与えて1日でも2日でも稲の枯死を救おうとした「月夜にも焼ける」ということばに代表されたように、讃岐の米作りには水不足の苦しみが宿命のように就いて回った。香川県三豊郡大野原町もその町名が“大野ヶ原”に由来するように、土地は肥沃なるも水利の便が悪く荒廃に任せられていたが、生駒藩の西嶋八兵衛により1638(寛永15)年から始まった井開池の築造は、生駒藩の没落後、1643(寛永20)年に丸亀藩に願い出た、近江の富豪平田与一左衛門が受け継ぎ、文字どおりの苦闘10年で、1654年に至り、ようやく完成を見た。これが同町を県下有数の穀倉地帯を形成するに至った変容の嚆矢といえよう。

以後、幾多の溜池が構築されてきたが、人口の増加と水田の開墾に伴う水需要に供給が追いつかず、

慢性的な水不足に悩まされていた。特に1924(大正13)年の大干ばつは、新たな溜池造りの急務を知らされ、大開耕地整理組合を設立して新池築造の計画が立てられた。幾多の紆余曲折があったが、組合長加地茂治郎は疲弊した農民たちの声を背景に根気強く啓蒙説得し、1926(大正15)年3月に着工に踏み切った。

### 2. 当時のコンクリートダム建設の現状

大正期から昭和の初期にかけては、発電用あるいは水道用のハイダムの建設が各地で進められ、従来の農業用の溜池に採用されてきたアースダムに比べて大規模かつ耐久性のあるダムの建造がなされてきた。しかしながら、豊稔池が着工された1926(大正15)年までに我が国で築造された堤高が30m以上のコンクリートダムとしては、神戸市の五本松ダム(堤高33.3m、堤長110.3m)、東京電力の黒部ダム(

堤高32.3m、堤長187.5m)、東北電力の飯豊川第一ダム(堤高35.3m、堤長50.1m)、関西電力の志津川ダム(堤高31.2m、堤長91.3m)と大井ダム(堤高53.4m、堤長275.9m)を数えるにすぎない<sup>1)</sup>。これらはいずれも重力式ダムである。

その当時の発電用のコンクリートダムは、粗石の空隙をモルタルで充填した粗石モルタル、コンクリート中に玉石あるいは割栗を入れた粗石コンクリートあるいは玉石コンクリート、ならびに今日のようなコンクリートにより建造されていた。そして、順次コンクリート造りへと移行しつつあった。なお、豊稔池のような農業用かんがい用水ダムは、大正期まで弘法大師の満濃池に代表されるように、土堰堤による伝統的な技法を踏襲したものが支配的であり、コンクリートを主体とした堰堤は、大正期末期に至って漸次築造の動きが見られるようになった。

初期の農業用かんがい用水コンクリートダムとして代表的な、兵庫県淡路島の上田池(堤高41.3m、堤長131m)は、豊稔池と同じ年の1926(大正15)年に着工され、1932年に竣工した。現在の重力式コンクリートダムに相当する、最もオーソドックスな粗石モルタル積の重力式堰堤を採用している。堰堤の外

面を間知石で積上げ、内部を粗石とモルタルを混合した粗石モルタルで中詰める方法である。

また、1925年に物部博士は、重力式ダムの耐震設計方法を確立した「貯水用重力堰堤の特性並びに其の合理的設計法」と題する、いわゆる物部理論を土木学会誌に発表した。したがって、大正年代に完成したダムは、現在のように地震力と動水圧を考慮する設計に比べて、断面不足でないかと思われるものもある。

### 3. 構造型式

豊稔池堰堤の概観を写真-1に、またその縦・横断面図および平面図を図-1に示す<sup>2)</sup>。堤長が145.4m(480尺)、堤高が30.3m(100尺)、堤体積が約2万2千 $m^3$ である。そして、堰堤両端部は重力式ダムとなっており、堰堤中央部87.3m(288尺)の区間は、径間が9.7m(32尺)、半径が6.7m(22尺)、アーチの厚さが堰堤の高さに応じて1.8m(6尺)、2.1m(7尺)、2.4m(8尺)の5連のマルチゲル欠円アーチで構成されている(写真-2参照)。そして、アーチ部は、鉛直線に約25度の傾斜がある。アーチはまた、厚さが4.8m(16尺)の梯形のピア(

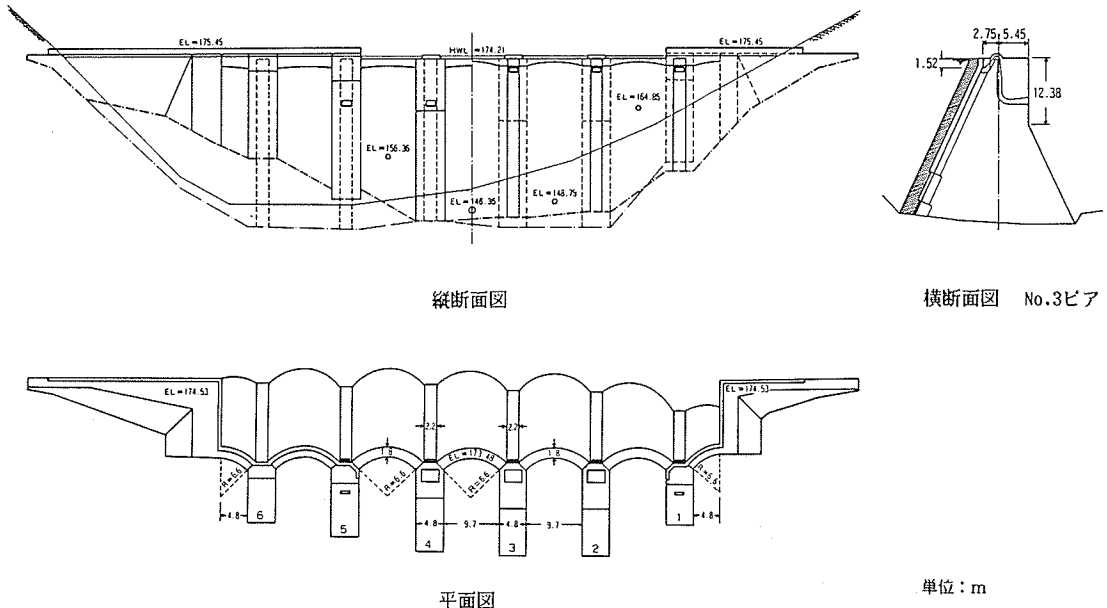


図-1 ダムの縦・横断面図および平面図

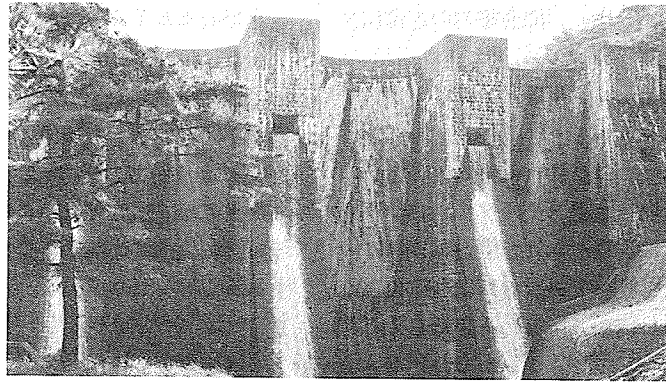


写真-1 豊稔池堰堤の概観

扶壁) 6体によりそれぞれ支持されている。ピアの頂上部分は幅員が5.5m (18尺) であり、頂上よりある距離まで、たとえばNo.3ピアでは図-1の横断面図に示すように、12.4m (41尺) は鉛直となり、その下から約25度の傾斜角で裾が拡がり、底部の最大幅は33.3m (110尺) になっている(写真-3参照)。

このダムは、当初重力式を予定していたが、基礎岩盤が予定より深いこと、所要資材が少なく工期が短くてすみ、工費も約20%低減できることにより、この型式が選ばれたとのことである。既に土木学会誌に、米国の堤高が70ft、径間が40ftで20径間のエレナ給水池の例が紹介されている<sup>3)</sup>とはいえ、重力式に比べて設計および施工がはるかに困難

なマルチプルアーチ型式を、工学博士佐野藤次郎の指導により、あえて挑んだ農林省技師杉浦翠の英断は銘記されるべきである。

5連のアーチのうち4連は越流型式の余水吐(46 $\text{m}^3/\text{s}$ )になっている。また、5体のピアに造られた余水吐は、図-1の横断面図のようにサイフォン型式(31 $\text{m}^3/\text{s}$  5基)としている点にも特色がある。池が満水近くになると、5基の余水吐から自然に放水し、管理の無人化を図っている点にも、設計者の叡智を窺うことができる。水門は余水吐を兼用した上樋と中樋、底樋ならびに土砂吐けの4門が設置されている。

#### 4. 施工組織

豊稔池は当初田野々池と称され、その建造は県営工事で行われた。その組織を表-1に示す。この表には、杉浦翠の氏名はみあたらないが、昭和8年8月に建立された豊稔池碑(写真-2参照)には、鉄道大臣正三位勲一等三土忠造先生題字の次に、堰堤様式選定者農林省技師杉浦翠と銘記されている。

工事現場で指揮をとったのは小谷亀市農林技手で、その下に造型とモルタルやコンクリートの配合および試験担当の吉原利末ならびにコンクリート専門監督として実際のコンクリートの施工を指導監督した上原小太郎、大関耕地整理組合より派遣された技術員の熊谷伊久治などが配置されていた。築造役員組合長以下は地元の方で、加地茂治郎は前述の大関耕地整理組合長である。

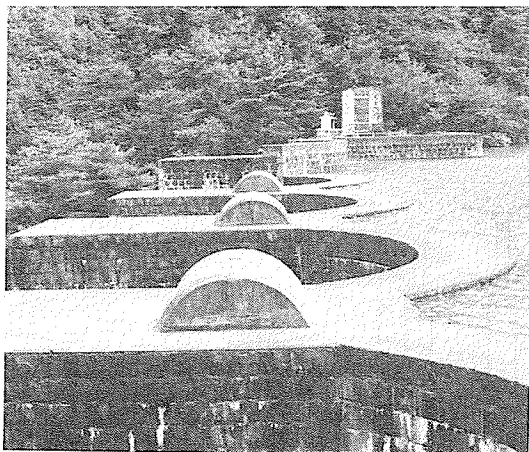


写真-2 左岸よりのマルチプルアーチダム  
(右岸の豊稔池碑が見える)

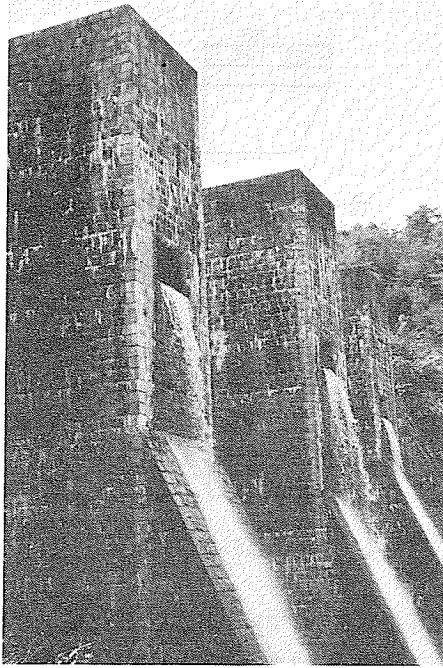


写真-3 マルチプルアーチダムのピア

作業組織を表-2に示す。作業組織としては、材料の運搬を除き、原石切出組、間知石組、粗石組、ミキサ組および築造組に分けた。合計約120人の組織の他に、鍛冶、大工も数名ずつ配置した。また、砂を工事現場から約10km離れた、豊浜町と観音寺市の間の海岸で採取するための作業員、この砂の運搬、セメントおよび珪藻土の運搬に牛車を用いた。後にはこれにトラックが加わった。工事現場内の材料の運搬には、軽便鉄道を約1.5マイル敷設し、約0.1m<sup>3</sup>積のトロッコを50台用いたが、アーチ及びピア上の間知石やモルタルの運搬は主として人力に頼った。

各組に正副長を置き、各作業所との連絡、日々の出来高および材料使用量等一切の責任を持たせて施工し、良好な成績を得た。4ヶ年の工期の間に、工事に従事した人員は、地元住民を中心に延べ13万5千人、石工、鍛冶、大工らも含めると15万余人にもおよんだ。

### 5. 粗石モルタルによる築堤工

築堤工は1927(昭和2)年5月に着工した。その工法は上田池にも採用された粗石モルタル積であっ

表-1 組織表

顧問	工学博士	佐野藤次郎
設計主任	地方農林技師	木村直五郎
工事主任	農林技師	鈴木信夫
現場監督	農林技手	小谷亀市
嘱託		吉原利末
築造役員	組合長	加地茂治郎
	副組合長	合田公平
	会計部長	守谷安太郎

表-2 作業組織

名称	人員	備考
原石切出組	坑夫 5 作業員約20	
間知石組	整形石工 3 作業員約10	
粗石組	割石工 5 作業員約20	
ミキサ組	作業員約20	
築造組	築上石工 5 作業員約30	
砂採取場	作業員 5	砂場清掃 県道までの搬出道維持
運搬牛車	約100台	登録制 後にトラック2台追加

各組には正副長各1名

た。すなわち、堤体の大半の外壁は、高さを30cm(1尺)に統一し、横が30~60cm、奥行が40~60cmの三角錐形に加工した間知石を一段ずつ図-2のように布積みしていった。間知石の目地には厚さ一寸(2.5cm)のモルタルを詰めた。この間知石は、その後の中詰め粗石モルタル工の型枠になるとともに、それと一体になって本体の一部を形成することを目的としている。一般にアーチと重力式の部分ならびにピアの部分それぞれ4日~5日毎に交互に施工し、各部に於ても外部の石積みと内部の粗石モルタルによる中詰めとを交互に積み上げながら行う方法が採られた。

粗石モルタルによる中詰め工は、一般に間知石積後2日経過した後、中詰めモルタルを敷きながら粗石を詰める手順で行われた。粗石一個は15~20貫(56~94kg)程度のものであり、二人一組で運搬した。粗石とモルタルの容積比を6:4とし、粗石モルタルの比重は2.15を設計用値に採っている。

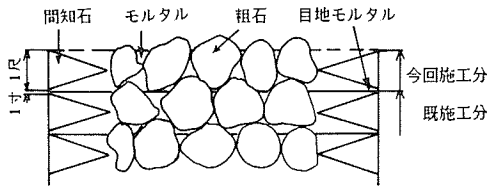


図-2 間知石と粗石モルタル

この粗石の詰込みは、とちすれば容積比が5：5になり易く、堤体の重量が不足する。そのため、監督は、約1m<sup>3</sup>の水槽の中に粗石を詰め込ませて、その中に水を入れ、その水を排出して重量を測定することにより、所定の比率になるまで7～8名の専従者を訓練させた後、コンクリート専門監督の下に3年間にわたり実施させている。

中詰めモルタルは、セメントと砂の容積比が1：3で、珪藻土をセメントの10%添加し、7.5切練り7馬力のミキサで練りませた。そして、セメント容器の木樽を輪切にした桶により二人で運搬していた。目地モルタルはセメント量を30%増とした。

堤体の施工中最も困難な点は、アーチ部の外壁の築造であった。この部分は写真-4に示すように、鉛直に対して約25度の角度で迫り出しているため、間知石の設置が困難であった。そこで、アーチ施工図から図-3に示すコンクリートブロックを造り、これを図-4のように厚さ1寸の目地モルタルの上

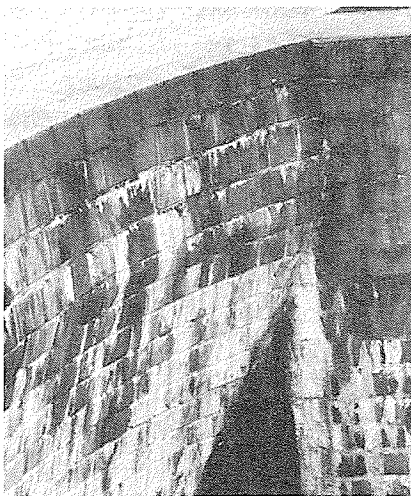


写真-4 アーチ部外壁の  
コンクリートブロック積

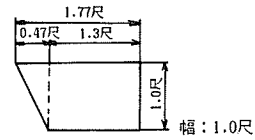


図-3 コンクリートブロック

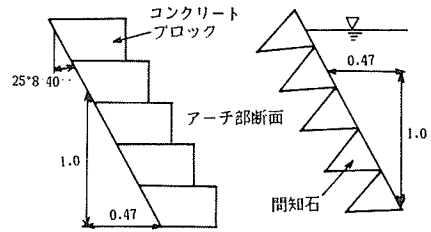


図-4 アーチ部のコンクリートブロック積

に水平に積み上げていく方法を採用した。すなわち、高さ1尺のブロック一段で0.47尺ずつ空間に突き出すことにより、堤体の約25度の勾配を形成させている。造形のみでアーチブロックを積み上げる作業は、正に名人芸といえる。この石工の頭領山根は、特に請うて高知県より来て頂いたとのことである。

これと同様なコンクリートブロックは、写真-5に示すように、間知石の施工が困難なピア部の下部斜面の隅にも用いられた。斜面の角度が約25度であるため、アーチ部の外壁と逆に用いることにより、容易にこの斜面を造ることができたのである。

コンクリートの配合は容積比で、セメント：砂：碎石 = 1：2：4とし、上述のミキサで練りませた。これを木製の型枠に打込んで1週間後に脱型し、水槽中で少なくとも1週間の養生を行った。

間知石と粗石は、堰堤完了後水没した内座や鷲ヶ岳から切り出した砂岩である。砂は豊浜町と観音寺市の間の海岸より採取した海砂を用いた。現場近くに大きな河川もなく、少し細目の海砂を使わざるを得なかったであろう。またコンクリートブロック用の粗骨材は、間知石整形の際に出る破片を石工や坑夫の妻女達に金槌で砕かせてこれを購入して用いた。碎石機を導入する方が経済的であるが、石工や坑夫に長く居てもらうための配慮であったとのことである。

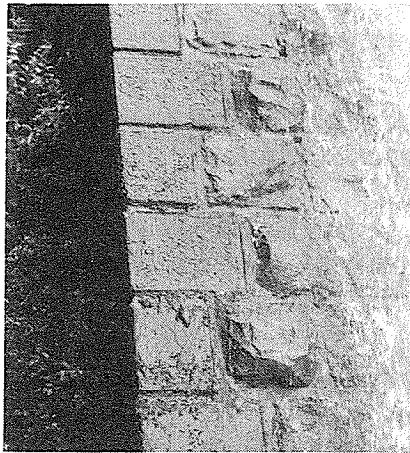


写真-5 ヒア部斜面角の  
コンクリートブロック積

## 6. 工費および使用材料

工費および使用材料の概要を表-3に示す。総工費51万9800円のうち、堰堤築造費が36万3500円であり、残りは土地家屋の買収と道路の改修に要した。うち、国庫補助金が24万1203円56銭あり、残りが地元負担であった。

地元負担金は、1反あたり、本田は4円50銭、畑田は7円、畑は8円50銭を地主が出すことで対処した。このため、小作人は小作料を一反あたり1石(180 $\iota$ )から8升増加の負担をした。なお、建設作業員は大半が地元の人であったが、日当の平均が1円20銭であった。

## 7. あとがき

昭和初期、農業かんがい用のダムとして香川県三豊郡大野原町田野々の地に杵田川を塞ぎ止めて造った豊稔池の堰堤は、我が国初めてのマルチプルアーチ工法が採用された。昭和21年の南海地震の洗礼を受け<sup>4)</sup>、約半世紀を経過した今日、アーチ部にひびわれや漏水が現われてきたため、香川県では昭和61年度より改修補強工事に入るとのことである<sup>5)</sup>。

農業かんがい用ダムの構造型式が、アースダムからコンクリートダムに移行するだけでも画期的な技術革新であった時代に、重力式ダムよりも理論的ま

表-3 工費および使用材料の概要

総工事費		519 800円
内訳	石堰堤築造費	363 500円
	土地家屋買収費	120 400円
	道路改修費	35 900円
堰堤容積		22 124 m <sup>3</sup>
使用材料		
内訳	セメント	21 589樽
	珪藻土	4 150俵
	砂	1 456立坪
直接支配田面積		627.000町歩
国庫補助金		241 203.56円
内訳	用排水幹線改良事業	178 835.11円
	開墾助成金	62 368.45円

た施工面でも困難なマルチプルアーチダムにあえて挑戦し、優れた設計とち密な施工により完成させた技術者に讃辞を表したい。

## 謝辞

当時の施工記録は太平洋戦争で散逸してしまったが、豊稔池土地改良区理事長村上利武氏より貴重な資料を提供して頂いた。また同職員白川一男氏ならびに建設時技術員として活躍された熊谷伊久治氏からは、当時の施工状況を伺った。ここに厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 日本土木史—大正元年～昭和15年—、土木学会、1965。
- 2) 香川県耕地課；香川県三豊郡五郷村豊稔池堰堤工事設計図集
- 3) 複拱堰堤ノ設計ニ就テ(Eng. News, Sept. 4, 1919)、土木学会誌5巻6号、pp.46-54、大正8年12月。
- 4) 岡本舜三；耐震工学、p.344、オーム社、1971年。
- 5) サンケイ新聞、昭和60年9月30日。