

大倉ダムの計画について

富 所 強 哉*
長 井 健**

1. はしがき

大倉ダムは名取川水系広瀬川左支川大倉川に、建設省直轄により建設されている多目的ダムで、有効貯水量25 000 000 m³を有し、計画洪水量1 200 m³/secのうち、800 m³/secの洪水調節を行うとともに、大倉川および広瀬川沿岸の800 haの農地に対する最大2.3 m³/secのかんがい用水の補給、仙台市および塩釜市に対する、それぞれ毎日90 000 m³および30 000 m³の新規上水道用水の供給、ならびに仙台、塩釜地区に対する毎日100 000 m³の工業用水の供給をするものであるが、現在これらの上水道用水、工業用水等を利用して約5 200 kWの発電も計画中であり、文字どおり多目的に利用するものである。

本ダムは昭和31年度より建設が始まったのであるが、31年度および32年度は、主として調査および一般補償を行い、33年度は引続き補償を行うとともに、仮設備に着工、34年度は7月仮設備をほぼ竣工するとともに、本体基礎掘削も台地部を完了し、コンクリートは8月12日、第1号バケットを打込んだのであるが、34年度約80 000 m³の打設を行い、35年度に打上がる予定である。

以下大倉ダムの本体設計について、その概要を述べる。

2. ダム地点の地形、地質

大倉川流域は大部分が第3紀層の凝灰岩からなり、この流域の低地を、約40 mの深さで急峻なU字谷を形成しながら、大倉川が急流している。この地域内にところどころ安山岩が岩脈として貫入しているが、ダムサイトはこの岩脈が、河流にほぼ直角に、約300 mの中で、貫入している場所であり、谷中も最もせばまり、この流域における唯一無二のダム地点を形成している(図-1)。岩質は石英質安山岩であるが、上述の生成過程から、N50E、80~90Nの節理がよく発達しているが、断層もN50E、70~80Nの走行で数本ダムサイトを走っている。この断層は1~30 cmの粘土をはさんだ風化帯をともなっているが、岩表面から4~5 m掘削することにより、いちじるしく堅硬になり、特殊な処理をほとんど必要としない程度のものである。台地部はこの岩の表面に

4~5 mの厚さで土砂が堆積しており耕地となっていた。一般的にいつて、岩盤はダムサイトとして良好であるといえる(口絵写真参照)。

3. ダムの設計

本ダムサイトのように、谷巾が約300 mあり、このらち堤体の大部分を占める台地部が、堤高40 mあまりで、左岸側に片寄った河谷が、30~40 mの巾でさらに40 mも落込んでいるような特殊な地形(図-1)においては、一般に重力式が普通であり、無難と思われるが、鳴子ダムを設計した経験もあり、またイタリアのPieve Di Cadoreダムが、このダムサイトにきわめて類似した地形で、アーチダムを建設した例もあるので、重力ダムにかぎらず、ホローグラビティーダムおよびアーチダムの検討も行い、極力工費の節減を計った。

アーチダムとしては、河谷だけを薄いアーチとして設計し、台地部は重力式で施工するのが最も経済的であろうと思われたが(図-2)、台地部にコンクリートアバットを設け、両側にほぼ対称にアーチを配置したダブルアーチ式(図-1)およびPieve Di Cadoreダムのように、単一のアーチで築造する型式(ダブルアーチに対してシングルアーチと仮称)もあわせ検討した。これらを比較検討した結果は表-1,2,3のとおりである。

河谷アーチはきわめて魅力のある型式であるが、計画放流量400 m³/sec、最大1 400 m³/secの余水吐としては、orificeおよび天端越流によるほかに、この放流水の処理と、orificeによる薄いアーチ本体の応力の不明確さ等に、難点があると考えられたので採用するに至らなかった。この比較の結果、河谷アーチないしダブルアーチが最も経済的であり、重力ダムにくらべて160 000 000~200 000 000円安く、工期としても約100日短縮可能である。これらの理由からダブルアーチで建設することに決定されたものである。

現在のダブルアーチの概略設計は、図-1のとおりであるが、本体およびスラストブロックについても、さらに検討すれば、なお堤体積を減少することが可能であるかも知れないが、施工の容易さおよび後述のアーチ特性の点から本体は定中心で上流面直、下流面直線の設計であり、スラストブロックもマスとして設計してある。

堤体の計算は左右それぞれのアーチ本体が、半無限体の岩盤に固定されているものとして計算し、スラスト

*正員 建設省東北地建大倉ダム工事々務所長

**正員 前 同 所 工事課長(現仙台機械整備事務所長)

表-1 大倉ダム各案比較表

タイプ	掘削量 (河谷部)	コンクリート量	応力 kg/cm ²	n	洪水吐	ケーブルクレーン			
						両端走行		弧動	
						岩	コンクリート	岩	コンクリート
重力	97 000 (24 000)	本体 246 000 その他 232 000 14 000	27.2	3.6	天端越流 11×8 m 5 門	21 000	500	14 000	530
ホロー	208 000 (100 000)	本体 224 600 その他 206 300 18 300	34.3	4.1	同上	24 000	900	18 000	530
シアングルチ	95 000 (35 000)	本体 198 000 その他 186 000 12 000	片持バリ max 16.7 min-5.5		天端越流 8×8 m 4 門	不	能	26 000	400
ダブリルチ	98 000 (19 000)	本体 193 000 その他 183 000 10 000	片持バリ max 20.4 min-6.5 スラストブロック min 1.3	10.2	同上	21 000	400	23 000	200
河アール谷チ	85 000 (20 000)	本体 188 000 その他 178 000 10 000	アーチ max 66.2 min-0.6 スラストブロック min-0.2	7.6	オリフィス 5×5 m 3 門	15 600	400	17 000	530

(単位 m³)

表-2 大倉ダム堤体工事比較表

	重力式			ホロー式			ダブルアーチ式		
	数量	単価	金額	数量	単価	金額	数量	単価	金額
基礎掘削	—	—	(1 000円) 107 500	—	—	(1 000円) 136 000	—	—	90 500
土砂	53 000	500	26 500	62 000	500	31 000	43 000	500	21 500
岩	54 000	1 500	81 000	70 000	1 500	105 000	46 000	1 500	69 000
堤体コンクリート	249 900	—	1 145 000	224 600	—	1 113 800	193 000	—	903 000
本体	234 000	4 500	1 053 000	160 000	4 950	792 000	130 000	4 700	611 000
ブラケット	—	—	—	43 000	4 500	193 000	—	—	—
アバット	—	—	—	—	—	—	52 000	4 500	234 000
水導	5 700	5 000	28 500	8 100	5 000	40 500	—	—	—
流壁	3 100	7 000	21 700	5 200	7 000	36 400	—	—	—
ビヤ	2 100	8 000	16 800	3 300	8 000	26 400	1 000	8 000	8 000
その他	5 000	5 000	25 000	5 000	5 000	25 000	10 000	5 000	50 000
ボーリング	10 000	5 000	50 000	13 000	5 000	65 000	15 000	5 000	75 000
ゲート	—	—	—	—	—	—	—	—	80 000
ローラーまたはテンダー	—	—	—	—	—	—	4 (1 門 42 t)	14 000	56 000
H V B	—	—	—	—	—	—	1 (φ 21 m)	24 000	24 000
合計	—	—	1 302 500	—	—	1 314 800	—	—	1 148 500
合力との比較	—	—	0	—	—	+12 300	—	—	-154 000

表-3 堤体コンクリート打設工程
(9t ケーブルクレーン)

	重力式	ホロー式	ダブルアーチ式
コンクリート量	249 900 m ³	224 600 m ³	193 000 m ³
1日平均打設量	450 m ³	350 m ³	400 m ³
年間施工日数	200 日	220 日	200 日
総工程	2.8年(560日)	3.2年(640日)	2.3年(480日)

ブロックについては、これらのアーチからくる推力および水圧に対してその安定を検討した。

アーチ本体は左アーチが、EL. 263.35 m 以上にゲートが設けられて、アーチ作用が期待できないため、左右とも EL. 263.35 m 以上は片持バリとしたが、これはスラストブロックに対するアーチ推力の対称性をはかると

ともに、最も危険側にあるアーチ推力を除いて、スラストブロックの体積を減ずるものである。この結果アーチ本体は、巾が高さのほぼ5倍に達する形状となつたが、いづれにしてもこのような形状においては、片持バリ作用が卓越するものであり、また本ダムは EL. 240.35 m が低水位で、この水位での地震による上流側への転倒に対して、安全を保つためには EL. 230 m で 16 m 程度の厚さは必要であり、最も適当な設計と考えられる。

EL. 230 m 以下は左岸の河谷があるため、これ以下はできるだけ岩盤の状態に近づけた目的で、右側アーチで 4 m、左側アーチで 6 m 厚くしてある。

計算方法としては、上述のアーチ形状に対しては、試し荷重法が最も適当であるのでこれを用いたが、完全半

図-1 ダム構造図

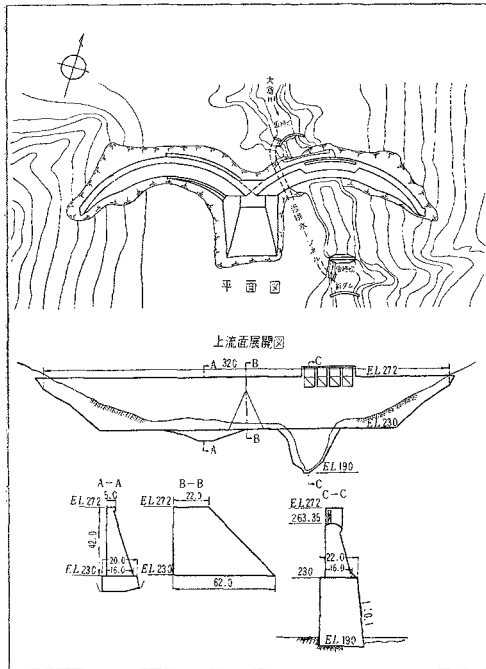
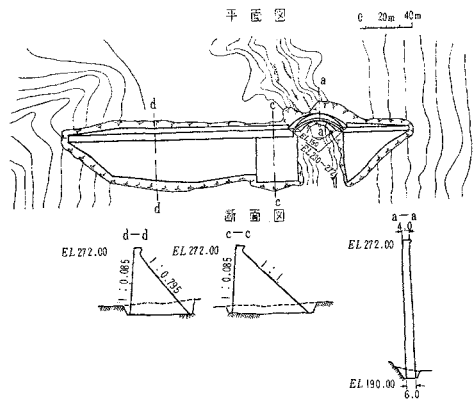


図-2 河谷アーチダム

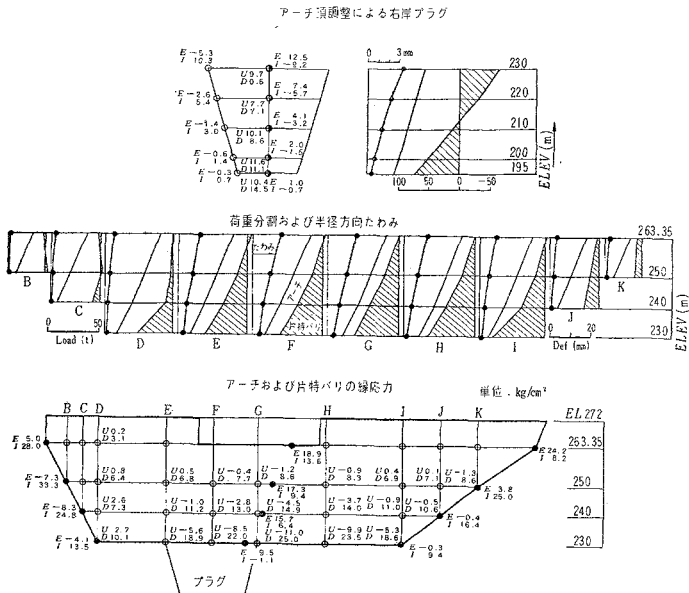


径方向調整で十分であると考えられるので、完全調整は実施していない。計算結果を図-3に示す。計算に用いた常数は、コンクリートおよび岩盤の弾性係数は、それぞれ $200\,000\text{ kg/cm}^2$ ポアソン比 0.2 、地震の水平震度 0.12 である。なお空虚時において上流向の地震が働いた場合の応力を図-4、岩盤の弾性係数が $100\,000\text{ kg/cm}^2$ と仮定したときの応力を図-5に示す。この結果、堤体

中央付近の片持バリの基礎の上流側に、かなり大きな引張力が出ているが、これは完全調整すれば減少する傾向にあり、また、ここにかりにクラックが生じたとしたときの計算をしてみると、下流側圧縮力が 45 kg/cm^2 程度であり、さらに後述の模型実験においては、引張力がほとんど生じていないので大して問題にならない。

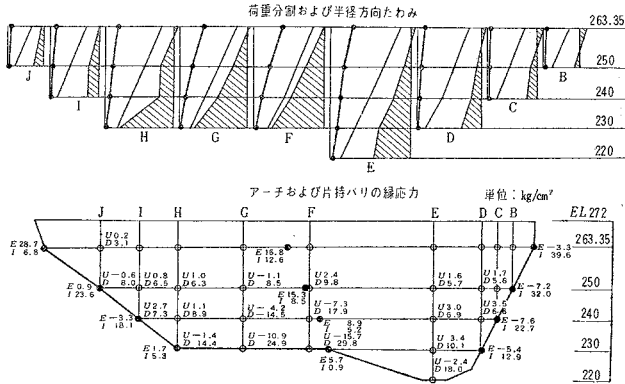
なお、これらの計算においては、先に述べたようにスラストブロックも半無限体の弾性体としていること、また $\text{EL. } 230\text{ m}$ の河谷部アーチのアバット付近に生ずるかも知れないと考えられる応力集中等を解明するため、現在土木研究所において、3次元の光弾性によつて、模型実験による解析を実施中である。この実験は Epoxy 樹脂で $1/875$ の供試体を作り、水圧負荷物体には Micro wax を用いて行うが、遠心力をかけることにより自重の影響も考慮するものである。中間結果によれば各点の応力は、計算値より安全側にある。この結果については土木研究所より後日報告されることと思う。

図-3(a) ダブルアーチの応力解析 (完全半径方向調整による右岸側アーチ)



次に余水吐は図-1に示すとおり、河谷上に高さ 8 m 、巾 8.1 m 、4 門のローラーゲートを設け、その下端標高を制限水位に押えて、1 門 $350\text{ m}^3/\text{sec}$ 、計 $1\,400\text{ m}^3/\text{sec}$ の処理能力を有するものである。越流した水は、越流頂真下で自由落下し河谷に入るのであるが、越流水深 7.35 m におよぶ自由落下水の巨大なエネルギーを処理するため、下流に副ダムを設けて水深 $20\sim 30\text{ m}$ の静水池でこれを処理するとともに、さらに静水池周辺の岩を、厚さ約 2 m のコンクリートでプロテクトする。このプロテクトコンクリートは両サイドの越流水をスムーズに静水池に導く形状とし、動水圧によるはく離を防ぐため、アンカーバーで岩に定着する

図-3(b) ダブルアーチの応力解析
(完全半径方向調整による左岸側アーチ)



スラストブロック
(アーチアバット最大荷重時)

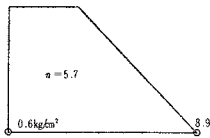
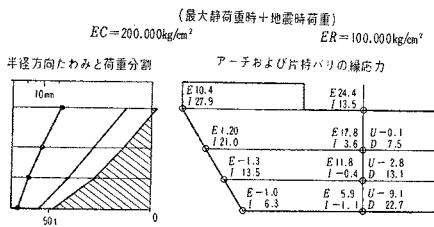


図-5 アーチ頂調整



クラックの入る片持バリとした場合のアーチ頂調整
(最大静荷重時+地震時荷重)
EC=ER=200.000kg/cm²

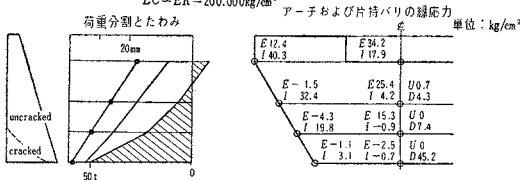
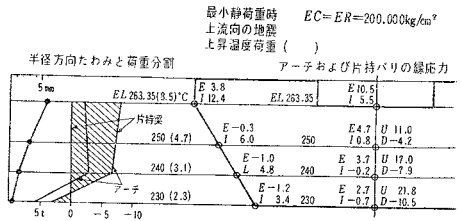


図-4 アーチ頂調整



計画である。

なお最適越流頂形状、その越流係数、越流時における動水圧の計測、副ダムとの位置、高さ等について、土木研究所において模型実験による検討を進めている。

4. むすび

以上大倉ダムの本体設計について、その概要を述べたのであるが、大倉ダムがその特異な地形を克服して、十分な安全性の上に、ダブルアーチという大胆な型式を採用し、工費を160,000,000円節約し得たということはきわめて意義があるものとする。本ダムもこのような地形のところにかにすれば最も安全かつ経済的なダムが可能であるか、アーチダムを可能にするためにはどのようにしたらよいか、という点から生れたアイデアであり、このアイデアを育てて下さった東北地方建設局、および本省の方々、土木研究所の各位、藤経建設技術研究所理事、の御蔭である。計算その他を実施した佐藤三男君とともに厚く謝意を表するものである。

この報告が今後のダム計画にいくらかでも参考になるならば、望外の幸いである。

34年度新製品 ロードファイニッシャー・コンクリートカッター完成!!

三笠 コンクリート

パワールータ

建築工事用
砂防橋梁用
ダム堰堤用
道路舗装用

(モーター式・エンジン式各種)

三笠産業株式会社

本社営業所 東京都中央区八重洲4-5
電話(28)8673-4・9978
工場 群馬県館林市成島2042 電話館林221

西部地区総発売元 三笠建設機械株式会社 大阪市西区立売堀北通4 電(53)2875・7888