

豊平峡アーチダム計画概要について

準 員 開発局開発調査課 大 谷 直 郎

” 星 野 寔

1. 緒 言

豊平峡ダムは豊平川総合開発計画として豊平川流域の灌漑と水力発電並びに札幌市の上水道用水確保を企図する多目的ダムで既に昭和27年度調査を開始し、現在猶調査中のダムである。

ダム建設予定地点は温泉として有名な定山溪市街より上流約6.5 km、兩岸相迫りV字形の溪谷を形成している極めて好適な場所で、ここに高さ119 m、堤頂長288 mのアーチ式コンクリートダムを築造し、有効貯水量6,000万 m^3 の貯水池を得ようとするものである。ダム建設に要する総工費は約37億8,000万円と見込まれるが、詳細については別の機会に譲りたいと思う。以下順に現在迄行われたダムの調査及び計画についてその大要を述べよう。猶参考の爲め計画資料をあげると

貯水池

集水面積	自己流域 133 km^2 薄別川流域 22.6 km^2 計 155.6 km^2
総貯水量	65,335,000 m^3
有効貯水量	60,066,000 m^3
利用水深	57.0 m
満水面標高	487.0 m

堰 堤

高 　　さ	基礎盤上 119 m
堤 頂 長	288.8 m
コンクリート量	358,000 m^3

効 果

灌漑面積	9,501.9町歩、増産石数 105,129 石
発 電	最大 20,000 KW 年間 118,038 MWH
上 水 道	札幌市昭和50年想定人口 692,400人 普及率 74%、1日1人 最大 334 ℓ

2. 調査の内容

昭和27年度より現在迄に行われたダムサイトの調査は次の通りである。

(1) 地形調査

(イ) ダムサイト附近 $1/1,000$ 平面測量

(ロ) ダムサイト附近 $1/500$ 平面測量

(ハ) ダムサイト兩岸水平写真測量 $1/200$

(2) 地質調査

(イ) ボーリング

重力ダム計画線 131.65 m

右岸2箇所 (30.5 m),

河床1箇所 (40.5 m), 左岸1箇所 (30.15 m)

アーチダム計画線 356.30 m

右岸9箇所 (10.2 m, 10.5 m, 25.3 m, 50 m, 20 m, 3箇所, 15 m, 25 m)

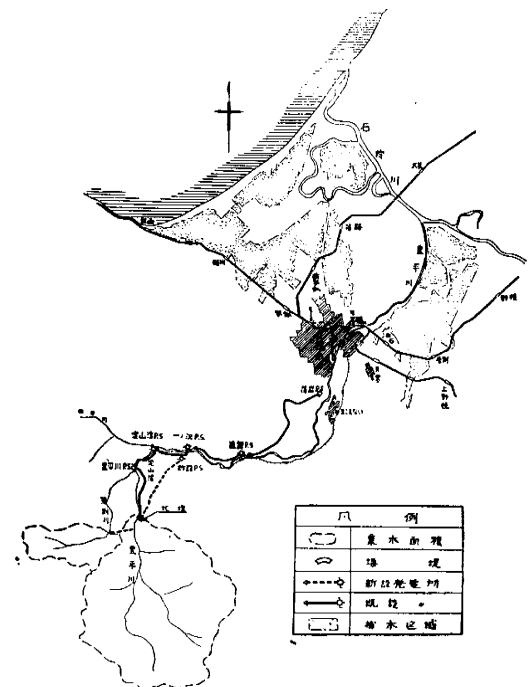
左岸7箇所 (15.1 m, 25.2 m, 40 m, 24 m, 16 m, 20 m 2箇所)

(ロ) 横 坑 88.50 m

右岸2箇所 (8 m, 20.5 m)

左岸5箇所 (20 m 2箇所, 5 m 2箇所, 10 m)

(ハ) 地耐力試験 横坑内 13箇所

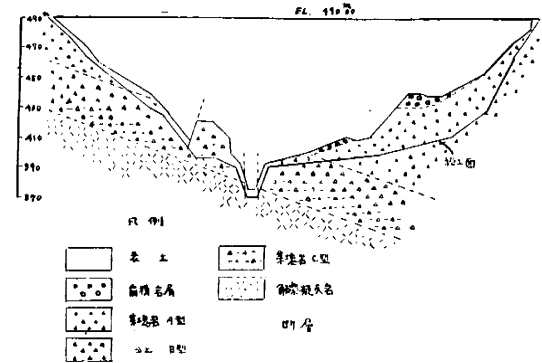


図—1 計画一般図

3. ダムサイトの地形及び地質

小漁山にその源を発する豊平川は漁入沢、狭薄沢等の支流を併せて北流し、名勝豊平峽附近に於て著るしい底部侵蝕によつて典型的なU字形峽谷を刻み、この峽谷を抜け出る処に扇状地を形成し更に薄別、白井、小樽内等の支流を併せて東流し札幌市内を貫流する。ダムサイトはこのU字型峽谷豊平峽の上流部にある。この地点の地形は非常に峻嶇で左右両岸とも絶壁で囲まれ、更にその中心に深さ10数m、巾10m足らずの函が形成されており、その断面は恰も凸字を逆にしたような形をしている。この地域には豊平峽集塊層（鮮新世）が広く分布しており堤体はこの岩層上におさまる。ダムサイト右岸の一部に厚さ7~10mの崩積岩層が堆積しているがその他の部分は岩石の露出する部分が多く被覆層も薄い。豊平峽集塊層は安山岩質集塊岩を主体とする火山碎屑物の堆積層で、その中に安山岩の溶岩流又は溜りを介している。この集塊岩層は非常に不均質で集塊岩質熔岩から角礫凝灰岩の間に漸移的に変化しており岩質によつて次の4型に分けることが出来る。即ち下部より角礫凝灰岩（D型と呼ぶ）、礫岩質乃至砂岩集塊岩（C型）、凝灰岩質集

塊岩（B型）、集塊岩質熔岩（A型）の4種でその上下関係は第2図に、その性質は第1表に示す通りである。この岩層は概して層理明らかでなく塊状である。その走向は河流方向で、傾斜は $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ で尙数本の断層が確認されたが何れも5~10cm幅の岩粉、角礫を夾在する程度の小断層である。節理及び亀裂はB型又はD型中に少なくA型岩層中に可成り認められる。その傾斜は何れも垂直に近く、特に勝れている方向は東西及び南北系で、トプアーチの軸方向に一致するものは極めて少ない。



図—2 上流面展開図

表—1 基礎岩盤の諸性質

岩 種	A 型	B 型	C 型	D 型
岩 質	集塊岩質熔岩，中に安山岩の熔岩流を含む。堅硬，やや多孔質，亀裂，節理や多い。	凝灰質集塊岩，緑黑色，中硬質，緑泥石化作用を受けている亀裂，節理少い。	礫岩質砂質集塊岩，部分的に存在。基質に砂を混じている。亀裂，節理少い。	角礫凝灰岩，基質は火山灰。角礫は浮石又は脆質，多孔質の小礫。亀裂，節理，極めて少い。
耐 圧 強 度 kg/cm ²	360 試料 14 ケ	313 試料 15 ケ		281 試料 10 ケ
絶 乾 比 重	2.25 〃 14 ケ	2.13 〃 12 ケ		1.89 〃 6 ケ
吸 水 率 %	N. D.	5.85 〃 3 ケ		2.13 〃 6 ケ
滲 透 性	亀裂，節理にそつて滲透する。	風化せるときは，全体的に滲透する。		B~C と同じ。
試錐岩芯採取率	中 ~ 下	中		上

4. 基礎の地耐力試験成績とその考察

この地点では左岸5箇所，右岸2箇所，計7箇所の試験掘坑を掘削し，その各坑で地耐力試験を実施し基礎岩盤の弾性係数を測定した。試験は100 ton分離式オイルジャッキによつて実施した。弾性係数を次式によつて求めたものを第2表に示す。

$$E = \frac{(1-V^2)P}{2aw}$$

E : 弾性係数
 V : ポアソン比 ここでは0.25
 P : 全荷重
 a : 加圧板半径
 w : 沈下重

この試験方法はその資料が未だ少なく，又試験方法並びに試験結果の解析理論が確立されていないので求められた測定値から直ちに且つ正確に基礎と構造物の関係を云々すること出来ないが，同一或いは類似の方法によつて求められた数値については，相対的な意味で基礎の性質を知ることが出来る。又求められた測定値は基礎の亀裂，節理，劈開等の影響も又大きい。然しこれらのものはグラウト其他の方法によつて改善し得るものなので施工によつて求められた測定値より可成り E を大にすることは可能である。欧州の例によればアーチダムの基

表 - 2

試験番号	横坑番号	岩質	弾性係数 kg/cm^2		永久変位 $1/100 \text{ mm}$		摘 要
			第1回載荷	第2回載荷	第1回載荷	第2回載荷	
No. 1	No. 1 (28年)	D 型	29,994 (40 t)	54,537	30.0	34.0	坑口より 2.7m 亀裂, カルカイト小脈あり
No. 2	No. 2 "	A 型	53,648 (50 t)	131,027	30.4	38.2	" 2.7m やや風化
No. 3	No. 2 "	"	36,635 (50 t)	90,579	37.5	33.0	" 1.5m 風化
No. 4	No. 1 (29年)	B 型	52,083	66,489	10.5	24.9	" 9m 緑泥石化作用
No. 5	No. 1 "	"	41,064	65,445	32.2	44.0	" 14m " 断層の側方
No. 6	No. 2 "	"	42,229	78,126	32.0	32.4	" 6m "
No. 7	No. 2 "	A 型 (熔岩)	17,458	31,725	93.0	111.5	" 13m " 亀裂著しい
No. 8	No. 2 "	B 型	8,928		260.0		" 13m 断層上 (巾 5 cm 土)
No. 9	No. 3 "	"	43,706	73,529	31.5	35.7	" 6m 緑泥石化作用やや風化
No. 10	No. 3 "	"	22,776	52,521	76.5	83.5	" 9m " 滲透水あり
No. 11	No. 4 "	C 型	20,096	67,934	120.0	126.0	" 4m やや砂質
No. 12	No. 5 "	B 型	45,955	67,204	26.0	27.3	" 16.8m 堅硬な角礫を含む
No. 13	No. 5 "	"	55,803	111,607	33.5	32.5	" 19m 非常に堅硬な角礫を含む

註 (1) (40 ton), (50 ton) はその試験の最大荷重, 特記なきものは最大荷重 100 ton

(2) 原則として載荷は同一ヶ所 2 回実施し, その各々について E を求めた

(3) No. 1~No.3 の載荷板は $\phi 15 \text{ cm}$, 他は $\phi 30 \text{ cm}$

礎としての E の下限界を $20,000 \sim 30,000 \text{ kg/cm}^2$ に置いており, 又建設省で計画中の鳴子ダムに於ける例では $E=33,000 \text{ kg/cm}^2$ (38 箇所平均) である。これらに比し表示した E の値は何れも可成り大きなもので(この場合第2回載荷時の E の値を採用する——第2回の E の値は第1回載荷によつて亀裂, 節理, 劈開等がある程度閉塞した後の値で第1回のものに比してより真に近い E と考えるのが妥当である) ある。

5. アーチダムと重力ダムの工費比較

ダムサイトの谷の形状は略々 V 字型に近く, 兩岸聳立して迫り, ダムの高さを基礎岩盤上 119 m とした場合, 天端の直線距離は 193 m (堀削深度を見込む) となり, その比は 1.62 で本道のダム地点としては珍らしくアーチに好適である。兩岸の地形も左右対称型を得るに左程困難でなく又同地点の流域面積は 133 km^2 で, 計画洪水量は $570 \text{ m}^3/\text{sec}$ で洪水処理も比較的容易と考えられる。又懸念された基礎地盤もテストピースによる耐圧強度は小さいが, 地耐力試験の結果は略々満足すべき数字を示している。今同地点についてアーチと重力の両タイプのダムの事業費について凡その計算をして見ると先ず工事数量について見れば第3表となり, 又工事費は堤体工事でアーチ 2,368 百万円, 重力 3,201 百万円となる。

猶此の費用は仮設備及び器械器具費を含まないが, この施設内容を同一とすれば工事期間はアーチで約3年, 重力約4.5年を要する。

表 - 3

	アーチダム	重力ダム
堤体積	358,000 m^3	588,000 m^3
堀削量	101,000 m^3	157,000 m^3

表 - 4

	アーチダム	重力ダム
堤体工事	2,368,000 千円	3,201,000 千円
堤体	2,098,000	2,967,000
洪水吐	75,000	16,000
仮締切	12,000	12,000
仮排水路	55,000	55,000
予備費	128,000	151,000

6. アーチダムの設計

アーチダムの設計計算は我が国に於ては, 米国開拓局の trial-load-method が多く使われている様であるが 3 成分調整に相当の日時を要し, 且つ堀削断面が変更された場合を考えれば最初から 3 成分調整をする必要が認められず, 3 成分の中最も大きい半径方向の調整の結果を以て論ずるのが適当と思われる。豊平峡ダムについては現在半径方向の撓みの調整計算中であるが, その初期設計はアーチの撓み, 応力は総べて左右対称として Recla-

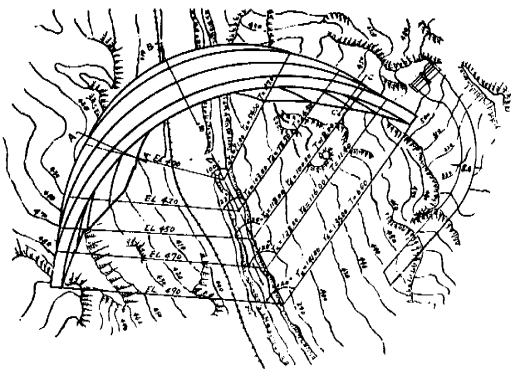
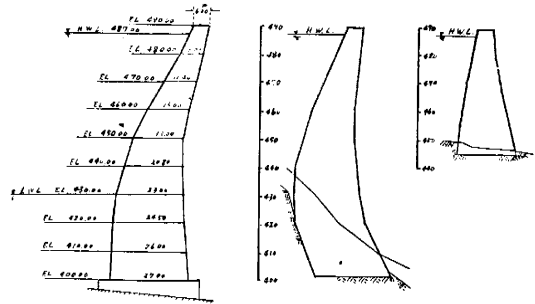


図-3 ダム平面図



断面 B-B

断面 A-A 断面 C-C

図 - 4

mation method "Treatise on dams. Chap. 10 Arch dam, 又は Proceedings of American Society of Civil Engineers. 1940 中の R. S. Lievrance の表を使用してアーチのみについて計算した。ダム設計の基本条件は天端標高 490 m, 計画 H. W. L. 487 m, 計画 L. W. L. 430 m ダム底標高 371 m でダム高は 119 m であるが、本地点は正面展開図 (図-2) に見られる如く河道部分が小峡谷を為し、且つこの附近の基礎悪く、耐圧強度も不足するようなので E.L. 400 m 迄はこの峡谷をコンクリートを以て埋め、其の上にアーチを作るように考えた。ダムの型式は等厚定角形とし断面形は現在の処 crown で天端が稍下流に over hang し side では下部で上流側に over hang する形を考えている (第 4 図参照)。本地点は地形が略々 V 字型に近く設計の基本的考え方、欧米の施工例から見て定角型が適当と考えられ、又等厚としたのは初期設計の段階に於いて計算を簡易化するため、設計の本格化につれて必要に応じ厚さを変化させることとした。又中心角については地形的に左右対称を得

て許容応力を超えず且つ掘削及びコンクリート量の少なくなる 120° 内外が適当と見て 120° 前後を取るようにし (第 3 図参照) 又最大静荷重時のコンクリート許容応力を 60 kg/cm² とし断面計算を行った。その結果は第 3, 4 図に見る通りである。

又この計算によるアーチ応力は第 5 図の通りとなり、E. L. 400 m に於て -12.3 kg/cm² の応力が起るがこの部分は実際には Cantilever action が多く作用すると考えられ、アーチ計算のみによつて得たこの値は左程問題とする必要がないと思われる。又洪水処理は洪水流量 570 m³/sec で比較的少なく左岸側隧道によつて割合簡単に処理し得ると思われるので、現在の処は左岸に 9 m × 7.5 m の 2 門のゲートをつけ以下延長 180 m の水路で抜く side spillway type と考える (第 3 図参照) 猶設計については現在は半径方向の調整計算を進行中で、今年度中に模型実験も実施の予定なのでその結果は又次の機会に報告したいと考えている。

