

【報 告】

野反ロックフィルダム工事の概要

本 間 三 郎\*

要 旨 本文は東京電力KKが、昭和 28 年 1 月より、30 年 12 月までの間に、群馬県吾妻郡野反において発電用貯水池として、高さ 44 m 堤体積 179 000 m<sup>3</sup> のロックフィルダムを建設した際における工事の概要を説明したものである。

クリートスラブ遮水壁をもつロックフィルダムとして設計された。その構造の概要は 図-1, 2, 3 に示すとおりである。本工事の総予算額は 1 520 000 000 円で、貯水池の有効水深は 25 m、有効貯水量は 28 400 000 m<sup>3</sup> である。なお溪流取水トンネルの総延長は 2 029 m でその最大取水量は 2.83 m<sup>3</sup>/sec である。

1. 計画の概要

野反池は、群馬県と長野県の県境にあり、表日本利根川水系と、裏日本信濃川水系との分水嶺の標高 1 500 m の高所に位する一小湖で、中津川の水源となつている。

野反ダムはこの野反池の流出口にロックフィルをもつて築造し、貯水池として冬期渇水時有効に利用するものである。すなわちダムの高さは基礎岩盤上 44 m で北沢、榛木沢の両溪流をも導入し 28 700 000 m<sup>3</sup> の貯水を行い、冬期中津川に放流して、下流 6 発電所の有効落差 計 955 m を利用して補給に供するものである。その増加発生電力量は年間約 42 000 000 KWh となる。

本地点はロックフィルダムが有利であるとされたおまなる理由は、本地点の基礎地盤が、コンクリート重力式ダムを築造するに適したほど強固でないにもかかわらず、ロックフィル型式なら十分であること、なにぶんにも交通不便な遠隔地で、セメントその他の資材の輸送費がかさむため、なるべく現地で採集しうる石塊を利用することが有利であること、ロックフィル自体のもつ他の特徴、すなわち一般にコンクリートダムより経済的であり耐震性が大きいこと、浸透水による揚圧力が働かないから安定性がある等、の有利な条件を種種数えあげることができたからである。

しかし現地には適当な心壁となる粘土がほとんどないために、内部遮水壁型ロックフィルダムとせず、表面コン

図-1 ダム標準断面図

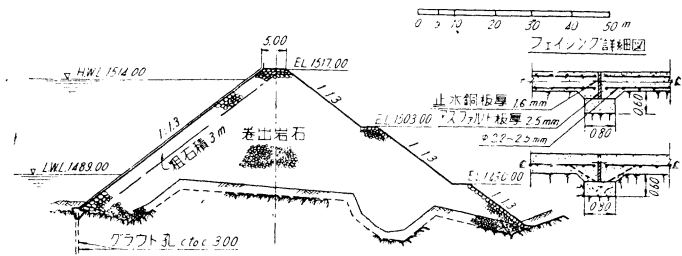


図-2 排水路縦断面図

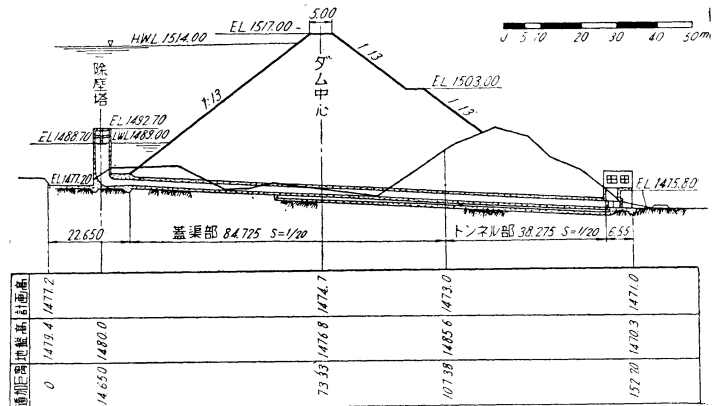
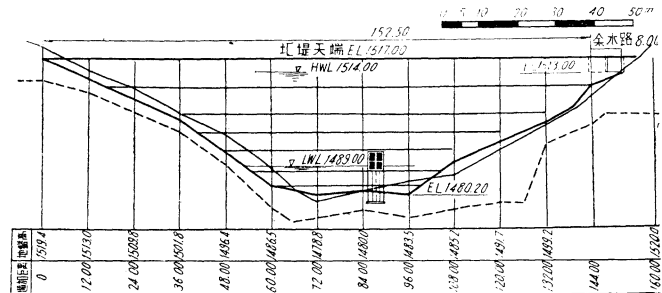


図-3 ダム正面図



\* 正員 東京電力KK 野反水力建設所長

## 2. 原石山と爆破

ダムの原石は、着工当初（昭和 28 年 1 月）はダムの左岸寄り約 500 m 上流の西蓋沢付近に求められた。その岩質は変朽安山岩で、表-1 のうち第 1 回目の方はその試験結果を示すものである。

表-1 石材試験結果

試験種別	試験結果		備考
	第 1 回 (昭和 28 年 1 月)	第 2 回 (昭和 30 年 8 月)	
比重試験	2.705	2.700	2.50 以上 ロックフィルに適していると思われる
吸水率試験	0.311%	0.500%	
耐圧試験 (乾燥)	3 515 kg/cm <sup>2</sup>	2 590 kg/cm <sup>2</sup>	700 kg/cm <sup>2</sup> 以上あるものは適していると思われる
	3 189 "	2 446 "	
耐風化力試験 弾性係数		0.000 23%	硫酸ソーダ試験による
		757 000 kg/cm <sup>2</sup>	

着工当初は現地は雪深き厳冬のときで、作業をすることができなかつたので、主として輸送道路（東日本群馬県側県道末端より現地へ至る長さ約 16 km の道路）の建設に当り、6 月融雪をまつて第 1 回の爆破を試みたのである。このときの火薬使用量は 461 kg、地山崩壊量は 4 300 m<sup>3</sup> であつたが、爆破結果からみてロックフィルダムの岩質としては良好であるが、粒度の点で細かいものが多すぎるのが欠点とされた。しかし急に他に良好な原石山を発見し得なかつたので当分これを使用することとし、一方調査を続行しながらダム地点の表土掘削にかかつたのである。

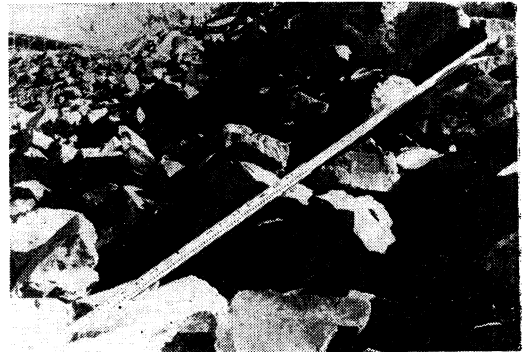
昭和 28 年度は近年まれにみる多雨の年にあたり、道路建設はもちろんダムの地点の掘削工事も非常に支障をうけたが、12 月末にいたり道路はほぼ完成し、ダム部分も排水路の一部がほぼ完成するにいたつた。しかし投石をまだ 1 回も実施しないうちに降雪をみ、越冬することになつた。

翌春 4 月残雪がまだかなりあるうちに工事は再開されたが、原石山を再検討した結果、当初のもののみで工事全数量を賄うことは困難とされ、さらに従来の原石山では粗石層用の大石塊をえることの不可能なことが判明したので、新たにダム直下流に原石山を変更し、先のものは補充として使用することにした。

新原石山の第 1 回の爆破は 6 月 19 日に行われたが、この爆破の結果、前よりもよい石塊と若干の粗石用石塊をもえられることがわかつたが、その後爆破が進行し山のしんになるにつれて、表土が意外に厚く 10 m 前後ともなり、この処理のため一頓挫をきたすに至つた。また表面良質に見えた岩石も内部に入るにつれて細かく節理が発達していて、石ズリとして捨てねばならぬ量が多くなつて、投石量の 40% を越えるほどになり、ここに工事は再び難関に遭遇したが、たまたま再度の冬期を迫るにあたり、冬期間中に新たに原石山を求めることと

し、いつたん投石を中止したのである。そしてこの冬の間にダム左岸寄りの 1 500 m ほど上流に今度はいままでに見なかつた良質の原石山を発見し、十分な調査を行った結果、これで十分全投石量を賄える見とおしがたつたため、旧原石山をすべて放棄してこの地区の爆破にかかつたのである。そしてこの原石山からは、粗石層用として十分大きな、1 個当り 2~7 t 程度の石塊をえることができ、おけていた工事はここで急速にとりかえしがついたのである。写真-1 は第 1 地区からえられた石塊を示したものである。

写真-1 第 1 地区からの原石



爆破は全部坑道式発破によつた。爆破には日本カーリット製黒色角型を使用した。これは爆破威力も大きく、夏季に融けず、冬季に凍らず、自然爆破のおそれもなく、また発火点が高いことや価格も低廉である等の特長をもち、使用中に 1 回の事故も起きなかつた。

爆破係数は、当初岩質がかなり固いことから 0.4 前後をとらねばならぬと思われたが、実際には前後 38 回の爆破を通して、その平均値は 0.274 ですんだ。これは地山に節理が発達していたためと考えられる。なお爆薬の総量は 29.133 t で地山崩壊量は 271 927 m<sup>3</sup> であつた。なお 100 m<sup>3</sup> 当りの工費は約 7 000 円程度であつた。

昭和 29 年 11 月 14 日の大発破（火薬使用量 3.700 t）および昭和 30 年 8 月 16 日の大発破（火薬使用量 1.552 t）は関東地方の地殻構造を究明せんとする地震研究グループの人工地震として利用された。

## 3. ダム地点の地質と掘削

ロックフィルダムの基礎は、重力式ダムのように必ずしも堅固な岩盤であることを要しないと思われるが、少くとも表土を取りのぞき、ロックフィルと同程度のせん断抵抗のある基礎を出す必要があるため、昭和 28 年春にまづこの基礎掘削にかかつた。

現場は 1~2 m の表土と若干の樹木がある程度で、表土処理はさほど困難でなかつたが、かんじんのカットオフを入れる岩盤が、ところにより山深く逃げていたため、かなり予定より多い掘削数量となつたほかに、一部設計

を変更し、ダム中心線をひねる等のやむなきに至つたこともあつた。しかしダムの総体積は必ずしも増大せず、カット オフも一部深く山にさしこみ、あたかもアースダムにおける心壁のごとく設計施工された。

原石山の変更と基礎掘削の変更は、いかにこの地方の地質が変化にとみ複雑であるかを物語るとともに、この種の調査が着工以前にいくら入念にされても入念すぎる事が無いということを感じさせられた。

なお、セメント グラウトは昭和 29 年から 31 年度まで行われ、総延長約 1800 m 孔数 190 本で、5~30 m の深さに行われ、圧力は 4~20 kg/cm<sup>2</sup>、セメント量は 1.5~2 袋/m<sup>3</sup> であつた。

#### 4. 石塊運搬と投石

採石場における石塊積込にはデマーク社製 2.3 m<sup>3</sup> パワー ショベル 2 台を使用した。表-2 および 表-3 はその運転実績を示すものである。

石塊の運搬には、昭和 29 年度は、国産 A 社 10 t ダンプトラック 2 台、国産 B 社 10 t ダンプトラック 6 台合計 8 台を使用した。その実績は表-4 に示すとおりである。昭和 30 年も大体同じである。

表-3 デマーク製 2.3 m<sup>3</sup> パワー ショベル実績 (昭和 30 年)

機 種	1 号					2 号				
	総日数	稼働日数	運転時間	故障時間	待機時間	総日数	稼働日数	運転時間	故障時間	待機時間
5	31	31	178.5	0	0	31	12	133.5	15	65
6	30	30	415.0	0	0	30	13	165.5	18	82
7	31	31	415.0	0	0	31	29	333.5	0	20
8	31	28	548.0	19	10	31	29	517.0	14	23
9	30	29	511.0	8	13	30	28	515.0	20	19
10	31	30	337.0	0	28	31	25	177.5	18	60
11	30	30	506.0	0	0	30	27	208.0	24	20
12	31	7	94.0	0	115	31	28	411.5	12	0
総 計	245	216	3 004.5	27	166	245	191	2 461.5	121	289
平 均	30.6	27	376	3.7	20.7	30.6	23.9	309	16.2	57.2

註：① 10 月より昼作業のみ稼働  
② 1 日平均運転時間 1 号 10.8 h 2 号 8.42 h

表-4 国産 10 電 ダンプトラック運転実績 (昭和 29 年)

機 種	1 号	1 カ 月				時 間 率			日 数 率		
		平均 運転時間	機能 時間率	稼 働	整 備	休 止	稼 働	整 備	休 止		
A 社 製	14 号	158.45	58.33	44.27	26.35	22.38	49.72	20.93	29.35		
	15 号	169.10	65.93	47.93	23.67	28.40	46.30	22.60	31.10		
	平均	164.00	62.13	46.10	25.01	28.89	48.01	21.77	30.22		
B 社 製	16 号	278.10	59.06	63.93	19.02	17.05	74.03	12.68	13.29		
	17 号	243.35	64.08	49.37	23.63	27.00	56.44	21.10	22.46		
	18 号	248.50	72.44	60.12	23.23	16.65	68.45	20.85	10.70		
	19 号	249.35	64.10	50.54	26.20	23.26	59.74	21.99	18.27		
	20 号	205.55	65.60	48.71	21.01	30.28	51.17	16.86	31.97		
	平均	127.45	53.64	39.97	20.54	39.49	43.81	15.37	40.81		
平 均	224.08	63.15	52.11	22.27	25.62	58.94	18.14	22.92			

註：① 稼働率は 50~60% である。  
② 機能時間率 =  $\frac{\text{運転時間}}{\text{整備時間} + \text{運転時間}} \times 100\%$

表-2 デマーク製 2.3 m<sup>3</sup> パワー ショベル 運転実績 (昭和 29 年)

機 種	1 号	機 能			時 間 率			日 数 率		
		運転時間	稼働率	整備	稼働	整備	休止	稼働	整備	休止
1 号	323.50	76.25	64.31	20.11	15.58	81.56	10.20	8.24		
2 号	268.50	65.00	52.75	19.41	27.80	66.27	12.29	21.44		
平 均	296.20	75.63	58.55	19.36	21.69	73.92	11.25	14.83		

国産車はいずれも 6 試作品であつて B 社の 10 t 車は、ていねいに使用することにより使用に耐えたが、A 社の方はやや故障も多く、構造上検討の余地があると思われる。昭和 29 年末期に B 社の要望により、15 t ダンプトラックの試験使用を 2 カ月ばかり行つたが、その結果 10 t ダンプトラックに比し、はるかに優秀な性能を示し、将来運転操作装置の改造と一部の補強を行えば、15 t 以上の国産車は、石塊運搬に十分使用可能なることを証明した。

昭和 30 年度に、第 3 地区からダム現場までの運搬道路は距離、屈曲部、坂道がいちじるしく増大したので、昭和 29 年度の稼働実績より稼働率の一層の増大を見込み、米国マック社製の 12.5 t ダンプトラック 2 台を補充した。その結果、国産車 (10 t 車とは一率に論じえないが) に比し、いちじるしい優秀性能を発揮し、図-4 のごとき結果を表わしたが約 5 カ月の使用後、全分解整備の結果、車体、フレーム等に全面的にきれ

つが發生して、これも石塊ダム構築車としては脆弱であることがわかつた。

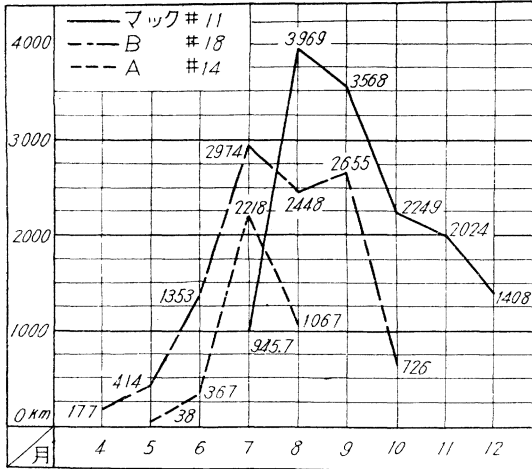
ちなみに作業能率の比較をしてみると、マック車 1 台に対し国産車 2, 3 台があつたことになる。

投石はダムの高さをほぼ 3 段階に分ち、ダンプトラックにより巻出式に行われた。

第 1 次運搬線は最深部より 12 m の高度から行われ、第 2 次は 20 m の高度から第 3 次線は 10 m の高度から行つた。最後の 2 m は、リヤー ダンプで、対岸からだんだん後退しつつ置いてゆくようにされた。その様子は図-5, 6 に示すとおりである。

このダンプの高さをいかにすべきかは石塊の性質、大きさ、目的等によつて変化すべきもの

図-4 昭和30年月別走行キロ数比較(車両種類別)



衝撃力をダムの締固めに利用できなくなつて不利である。野反においては、原石山の位置、とくにダムへの取付道路の関係をも考慮し、すでに述べたごとく3段階の投石

写真-2 ダンプトラックによる投石状況

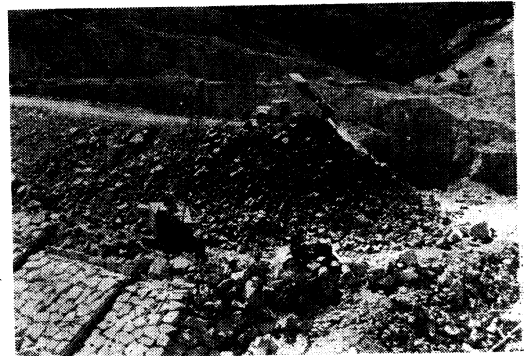


図-5 ダム投石図

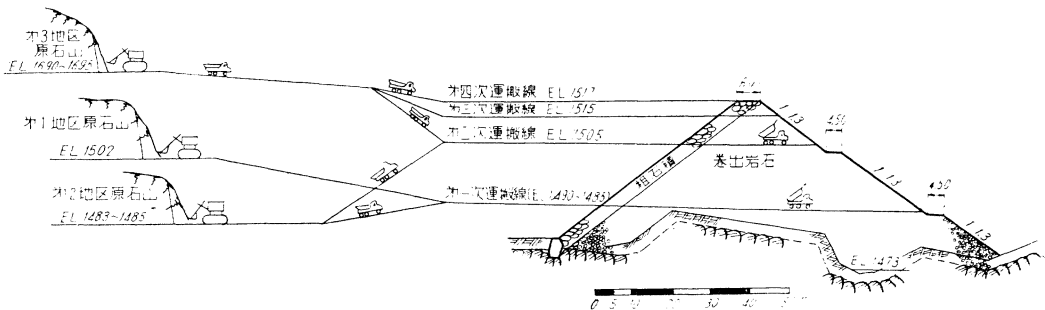


図-6 投石運搬道路平面図

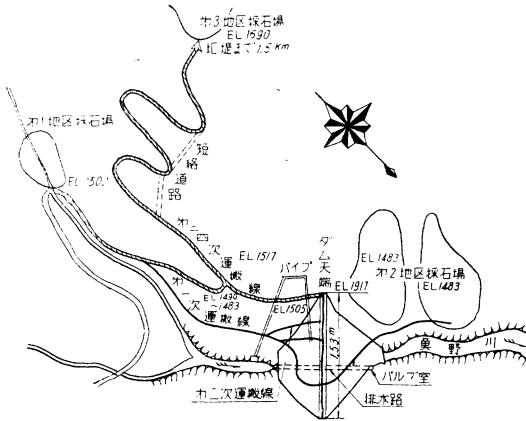
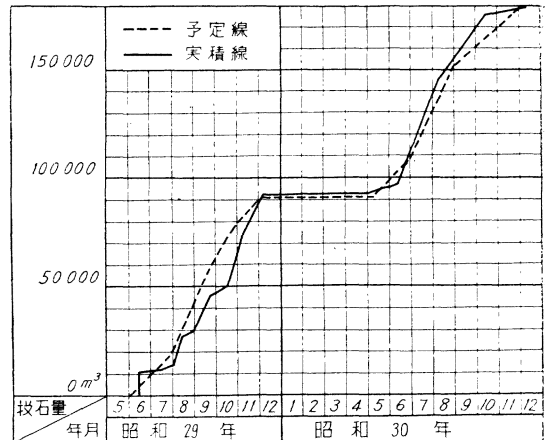


図-7 投石予定および実績



と考えられる。あまりに高い投石は、石塊を粉碎して細かくしすぎるきらいがあるし、石塊粒度に大きな差があるときは上部には細かいものばかり、下部には大きいものばかりが集まり、その結果、層状に石塊が積まれることになり面白くない。しかし、あまりに低い高さでは投石の際に、石塊が転落してゆくときの、かなり大きな衝

を行つたが、その結果は大体満足すべき状態であつた。すなわち、かなりの衝撃力を利用し得たし、粒度において上下の差が少く、しかも危険を感じることなく投石し得たのである。写真-2は第2次線よりの投石状況を示すものであるが、左下部には一部粗石積が始つてゐる状況も同時に見ることができる。

また、リヤードンプによる場合は、直接斜面に投石することができて便利であつたが、サイドダンプの場合には、あまり法肩に近づくことは危険であつたので、いつたん平坦部に石塊を落してから、ブルドーザによつて処理して斜面に転落せしめた。このため D-8 ブルドーザ 2 台が稼働した。投石は 29 年度と 30 年度に行われたが、その状況は図-7 に示すごとく、原石の採集がスムーズにゆくにつれて好調となつて、最大投石量は 1 日 1500 m<sup>3</sup> くらいであつた。

## 5. 水 洗

投石時石塊についてくる泥土や岩ズリは、そのままにしておくとも将来ダムの上を大きくする原因になるので、よく水洗してとり大石塊どおしがよくかみ合うようにすることが必要である。またこの水洗いによつて細粒分質を大石塊の中に流し込み、ダムの比重を大きくすることができる。

この水洗いは、その圧力よりも量の方が大切で、外国でも投石量の 2 倍程度をかけているが、その量は多いほど有効であると思われる。野反においても 4 倍の水量がほとんど終日休むことなく注がれた。

この水は当初ダム左岸の高所に貯水槽を造つて、自然水を貯めて利用するように計画されたが、十分な圧力と水量を得られそうもなかつたので、直接 100 HP 7" 3 段タービンポンプ 2 台から 6" 鉄管によつて導かれ、投石場近くで直接 2.5" のゴムホースに切りかえられて、常に 3 カ所から 1 投石場所に集中して水洗するようにされた。その圧力は 12 kg/cm<sup>2</sup> 程度であつた。写真-3 はその状況を示すものである。

## 6. 粗石層の築造

野反ダムは表面遮水壁型のロックフィルであるため、コンクリートフェーシングとダム母体であるルーズロックとの間に、厚さ 3m の粗石層を設けた。この厚さは上から下まで同じに設計されたが、この粗石層の目的とするところは、剛性に富むコンクリートの遮水壁と、諸方向に沈下を予想されるルーズロックとの中間にあつて、ルーズロックの不等沈下もできるだけ均等に遮水壁に伝達して、遮水壁への影響を緩和するとともに、湛水後水圧が加わつたときに、それをルーズロックにできるだけ均等に分布するためのものであるから、その設計も 2~7 t 程度の大きな石塊とし、施工に当つては、とくに入念に積み重ね、さらに施工時期としては、ルーズロックの初期沈下が終つてから始めることとし、ルーズロックの構築後少くとも 2 カ月を経過したところでなくては施工しないことにした。粗石用石塊は、30 年度になつてから、第 3 地区から豊富に供給されることになつたので、5 月から積み上げを開始した。これには 3 t 吊りケーブルクレーン 1 本、22-K パワーショベル 2 台、ロスターポート 1 台が、その特長に応じて順次利用されたが、写真-4 は 22-K ショベルによる積み上げの状況を示すものである。

表面遮水壁の継目下には、肋材 (key wey) を作つた。これは接手施工を簡単にするとともに、接手が破壊した場合にも、漏水を少なくするためである。写真-5 の縦横の溝の部分はそれを示すもので、一部黒いところは、

写真-4 粗石層構築状況



写真-5 野反ダムにおける肋材



写真-3 水洗いの状況



コンクリートを填充したところである。

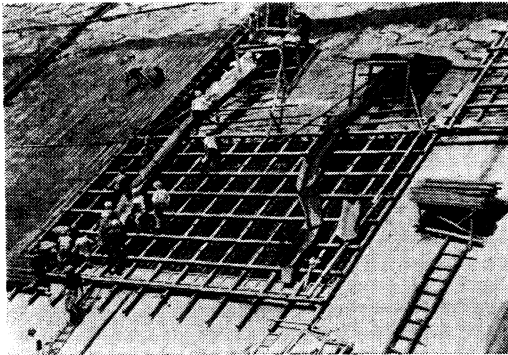
## 7. 表面遮水壁の築造

フェーシング スラブは最深部で 60 cm、最上部で 30 cm の厚さをもち、最大 12×12 m のブロックに分けて設計されたが、これは堤体の一様な沈下、局部的沈下に順応または抵抗するとともに、フェーシング自体の温度収縮に対して、きれつを生じないだけの強度を考えたため鉄筋コンクリートとし、鉄筋量はスラブ断面の平均 0.5% 程度とした。

フェーシング作業に先立ち、粗石層の表面に目潰しコンクリートを填充し、ついで鉄筋が組立てられたが、鉄筋はあらかじめフラッシュ バットにより適当な長さに施工され、できるだけコンクリートの詰め込みに便利なものとし、型ワクも長さ 2 m 幅 40 cm 程度の小なるものとし、1 割 3 分の傾斜面に少しづつコンクリートをつめて上げて行つたのである。

セメントの節約と、とくに透水性に対して有利なフライ アッシュを利用しセメント量の 25% を混入した。その結果さらにウォーカブルなコンクリートができて作業も容易になった。写真—6 はフェーシング打設状況を示すものである。

写真—6 コンクリート遮水壁打設状況



継目の止水用板は厚さ 1.6 mm、巾 40 cm、長さ 5.00 m のものを縦方向には —〃— 形に、水平方向にはプレートそのまま使用した。この銅板の縦横の交叉するところや、カットオフコンクリート内に挿入した銅板と、水平、垂直銅板の交叉するところは、とくに苦心もし、入念に施工したところで、銅板相互は銀ロー溶接された。

## 8. その他の雑工事

### (1) ダム背面法面整理工事

ロックフィルダムにおいて背面を整理することは、美観上はともかくとして構造上意味がないので、野反においては、最下部を法面保護の意味で多少整理したが、あとは自然投石面のままにした。

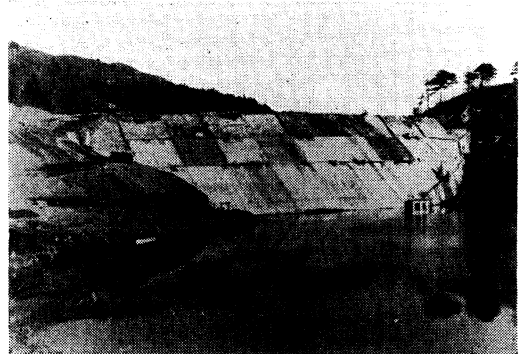
### (2) 取水工事

取水には、高さ 15.50 m 内径 3.00 m の取水塔を貯水池内に設置し、排水路はダムの中央直下部に内径 1.80 m 延長約 140 m の鉄筋コンクリート暗キョとし、その末端に直径 60 cm のスルースバルブと 71 cm のハウエルバンガーバルブの 2 コを設け、このバルブの操作により放流量を調整するようにした。

### (3) 余水吐工事

野反ダムは計画最高水位とダム天端との間にかかなりの余裕があり、ほとんど越流することが考えられないが、この種構造物が過去において、ほとんど越流のため致命的な破損をうけていることから余水吐をつくることとし、その容量は 620 mm 降雨量の際の洪水量 46.2 m<sup>3</sup>/sec を流下しうるものとした。余水吐はダム右岸に幅 8 m、高さ 4 m の開キョとして設置したが、ゲート類は設けず、開キョ内に高さ 1 m の土壘を築き最高水位を保つようにした。写真—7 は一部湛水中の状況であるが、ダムの右岸上部に余水吐工事を行つている状況も示している。

写真—7 ダムの上流側工事状況 (一部湛水中)



## 9. 結 言

本工事は本年もひきつづき付帯工事を行つている。現在までは沈下量や漏水量を調査しているが、今春 4 月測定し昨年 11 月におけるルーズロックの築造後の測定に比し上から四段目のブロック (ダムの高さの 4/7 付近) において最大の移動 (水平、垂直とも 2 cm 程度) を生じているようである。さらに漏水については今冬の貯水がまだ一部湛水で、水深もダムの高さの 1/3 程度であるため、いまだ最大漏水量を知り得ないが、状況を入念に見守つている次第である (現在まで最大 11 l/sec)。

コンクリートダムとの経済比較を行つた結果、一般にはかなり安価にでき上ると思われるが、野反ダムの場合は、投石関係においては予想どおりであつたが、原石山やダム地点の地質不良による設計変更や、建設用道路工事に相当の工事費がかつたため、いちじるしい差を見出すことはできなかった。