

石淵堰堤に於ける岩石爆破工事について

正員 川瀬 正俊*
 准員 吉井 彌七**

ROCK BLASTING WORK AT ISHIBUCHI DAM

(JSCE Aug. 1951)

Masatoshi Kawase, C. E. Member, Yahichi Yoshii, C. E. Assoc. Member

Synopsis In order to obtain some 400 000 m³ of stone blocks for the main material of Ishibuchi dam of the River Tanzawa, a tributary of the Kitagami river, which was designed as a stone-block dam and now under construction, a place popularly known as "Monkey Rock" at the right side bank of the River Tanzawa about 1 500 miles up stream from the dam, was chosen as the quarry. Blasting of the "tunnel system" of small scale had been tried several times, since 1948. Aiming at the increasing of quarrying efficiency in the light of its results, 56 tons of carlit was used in October, 1950 and rock of 257 000 m³ was obtained at one time, which is 70% of the required volume for the main body of dam.

The following is the report of the blasting work of gigantic scale.

I 概説

石塊堰堤として計画され、目下工事中である北上川支川胆沢川石淵堰堤の主要堤体材料たる約 400 000 m³ の石塊を採る為に、堰堤上流約 1 500 m に位する胆沢川右岸通称「猿岩」を採石場と定め、昭和 23 年以来小規模の坑道式爆破を数回試みたが、その結果

に鑑み採石作業能率増進を期し、昭和 25 年 10 月カーリット 56t を使用し、一掘に 257 000m³ の岩石を爆砕し堤体所要量の凡そ 70% を得た。

以下はその大爆破工事の報告である。

II 計畫大要

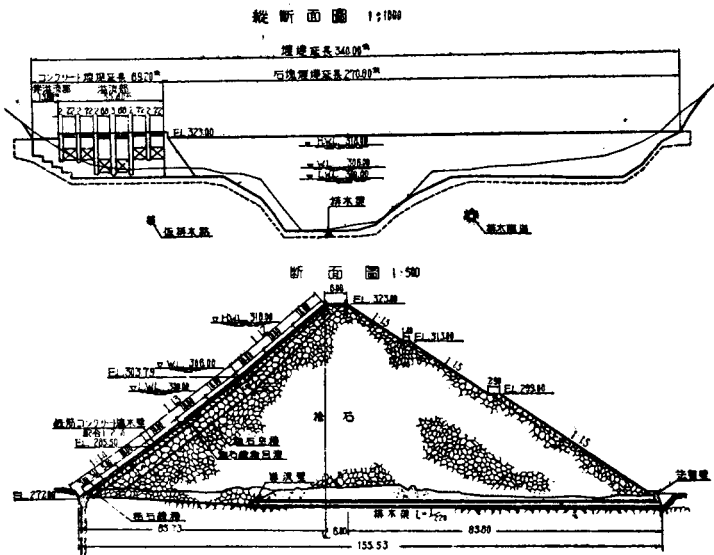
1. 堰堤の規模 石淵堰堤の規模は 図-1 及び表-1 の通りである。

2. 採石場及び岩質 堰堤上流約 1 500m の箇所に河床面よりの高さ凡そ 220m、周囲約 2 000 m の巨大なる山塊屹立し胆沢川はその北側の裾を洗い流れ、山容猿面に似るを以て猿岩と称せられている。

猿岩の岩質は淡灰色を帯びる石英粗面岩で、建設省土木研究所に委託した試験の結果は比重 2.4、破壊強度 1 400kg/cm² であつて岩質極めて堅硬なるにより石塊堰堤々体用岩石として良好と判断された。

石塊堰堤工事の死命を制するものは採石場の諸条件の良否である。即ち岩質、節理の状況、不要表土層の有無、地形、採石積込作業用広場の広狭等は直

図-1 石淵堰堤一般図



* 建設省胆沢工事事務所長
 ** 勤務

表-1

澗川洪水調節堰概要	
河川名	上川川系澗川
堰堤位置	狹谷橋渡河部基脚河床石削
堰堤形状	154m ² 堰堤堰頂
堰堤面積(約)	107(572) 上流面(約) 112(11467)137
出水口位置(約)	幅 310 ^m 下流面(約) 出口 113
最低水位	EL. 200 ^m 堰頂(7)河床水面
貯水容量	16,500,000 ^{m³} 堰口幅厚 3.5 ^m
堰堤構造	堰堤堰頂長 272.5 ^m
堰堤材料	石塊(堰頂部) 272.5 ^m
堰堤基礎	コンクリート堰頂部 272.5 ^m
堰堤基礎	堰頂部(約) 55.4 ^m
堰堤基礎	堰頂部 13.4 ^m
堰堤基礎	堰頂部 428,000 ^{m³}
堰堤基礎	堰頂部 02,000 ^{m³}
堰堤基礎	堰頂部 344,000 ^{m³}
堰堤基礎	堰頂部 338 ^{m³}

表-2 第5爆破数量表

集計

項目	数量	単位
採石場面積	14,207.20 ^{m²}	m ²
採石場容積	2,490 ^{m³}	m ³
主運搬路延長	2,120	m
副運搬路延長	37	m
主運搬路断面	506.60 ^{m²}	m ²
副運搬路断面	24.00 ^{m²}	m ²
主運搬路断面積	59.60	m ³
副運搬路断面積	14.75 ^{m³}	m ³
主運搬路断面積	0.26 ^{m³}	m ³

坑道延長(m)及搬入容積(m ³)		搬入量(Kg)	
坑道延長(m)	搬入容積(m ³)	搬入量(Kg)	搬入量(Kg)
175.0	460.210	31.90	20.20
220.0	450.230	34.90	20.75
320.0	400.100	34.00	20.25
420.0	400.220	33.00	20.25
520.0	430.240	35.00	20.25
620.0	400.200	35.00	20.20
720.0	400.200	33.00	20.25
計	2,475.0	247.90	141.75

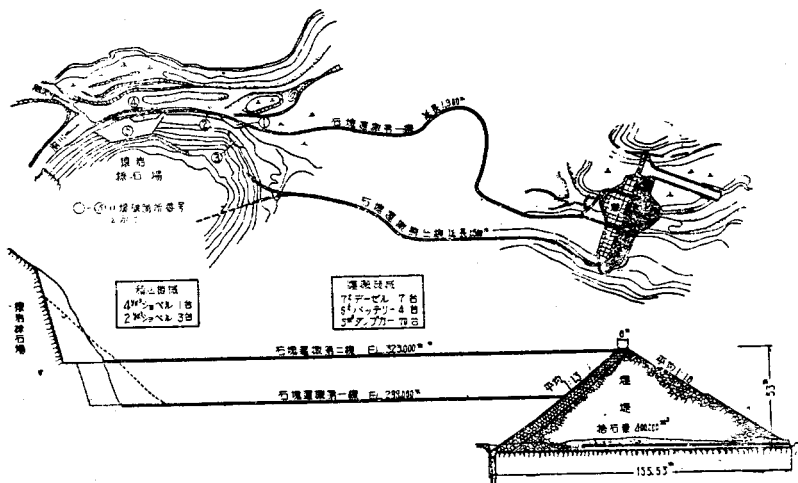
坑道延長(m)		搬入量(Kg)	
坑道延長(m)	搬入量(Kg)	坑道延長(m)	搬入量(Kg)
175.0	17.42	17.42	18.50
220.0	7.00	7.00	18.50
320.0	6.00	6.00	18.50
420.0	7.20	7.20	18.00
520.0	4.50	4.50	18.00
620.0	3.00	3.00	18.50
720.0	6.00	6.00	21.50
計	78.00	78.00	23.20

接採石工法，能率，工費等に影響する処甚大であつて，本採石場に於ては極めて発達した柱状節理を示し爆破効果は好適と思われたが，前面を阻沢川に制約され作業広場が狭小で積込作業に支障を与える他，表土岩屑等不要物質除去量も大で必ずしも良好の採石場ではないのであるが他に代るべき良地点無き為，此の猿岩の北側の比較的表土層の少い箇所を主採石場に選定したのである。

3. 堤体構築 採石場に於て爆砕した石塊は巨大なるものは更に5~6t程度に小割し，目下4yd³電気ショベル1台，2yd³電気ショベル3台により鉄製4.5m³積サイドダンプカーに積込，7tディーゼル機関車により6~7輛宛牽引し，堰堤の中段標高299m及び堤頂標高323mに通ずる2条の運搬線路に依り堰堤に運搬投入し堤体を構築するのである。

尚石塊の大きさは外国の実例では7~8t乃至10t程度が多く機械設備能力を大にすれば，より以上の大塊も積込得て小割費用を軽減し能率的であつて1箇25tもの石塊を取扱つた例もあるが，本堰堤では積込運搬機械の能力より最大5tと計画したが実施に當つては8t位の大塊も投入している(図-2)。

図-2 石淵堰堤石塊投入要図



III 爆破工事

1. 方針 当初は現在の採石場と之より約500m下流の箇所と2ヶ所に採石場を予定し且つ前記2条の運搬線路標高に依り上下2段に夫々小規模の爆破を行い切羽面を形成し逐次山に迫らむ方針であつたが，調査の結果下流採石場は節理状況も良好でなく，表土層も相当多く，且つ又運搬路構築を兼ねた小規模の爆破(第1~第3爆破)の結果より見て，爆破の都度線路鉄管の撤去，機械の退避等積込作業が中断され，作業能率を阻害低下せしめるので爆破回数を減じた方が効果的と思われた。

因つて下流採石場を抛棄し現在の箇所のみで採石する事としたが，此の箇所は河床より100mも70°位の傾斜角度で屹立し所謂山が高すぎるので小爆破は適さず，チャンドリル等によりボーリング式爆破も地形急峻に過ぎ機械移動困難で適さず，坑道式大爆破により一掘に堤体量の大半を確保して作業量の増大と工期短縮を計るべく方針を変更した。尚此の採石場の岩質は特に柱状節理が発達しており，小割費用が軽減されると予想され大爆破に好適と思われた。

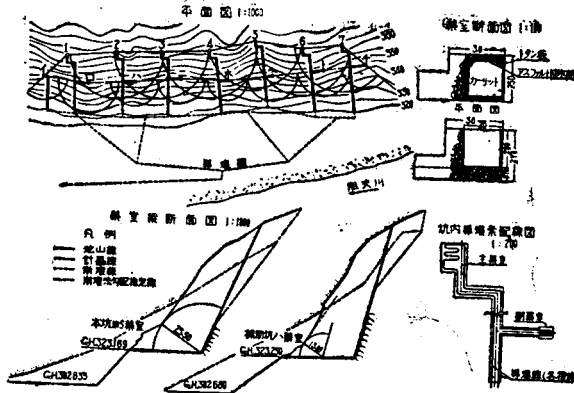
堤体石塊量 400,000 m³ の上下兩段に2分した運搬路による所要量は夫々約200,000 m³ ずつであり，図-3に見る如く山が立ちすぎている

表-3

カーリット性能表									
品 種	性 状	容 積	自重	全 長	全 幅	全 高	傾 斜 角	傾 斜 率	傾 斜 長
第1種	粉 状	75 ^m	16 ^m	6 ^m	3 ^m	1.05	1437	89	3510 ^{cm}

導 爆 線 性 能 表									
品 種	外 径	外 径	重 量	原 長	全 長	色 相	導 速	耐 火 性	
第2種	円 錐 形	約 6mm	約 30%	10-17m	10-12m	白 色	6000 ^{cm}	良 好	

図-3 第5爆破工事計画図



ので上段の採石切羽面を形成せしめる為の爆破を行えば、爆破された石塊は下段に落下するから、下段での爆破をやめ上段運搬線路標高にて坑道を掘進し爆破を行い、上段積込場を形成せしめると共に崩壊落下せる岩塊を夫々上下両段の運搬線路に供給しようと計画した。爆破実施後の崩壊状況は概ね此の目的を達成し得たと思われる。

図-2 の第1, 第2, 及び第3爆破は前記運搬路構築を兼ねたものであり、第5爆破が本項の大爆破を示し、第4爆破は第5爆破を執行する前提として岩石係数の決定その他の試験を考慮した爆破である。

2. 最小抵抗線 坑道式爆破に於て装薬量を決定するには通常次式を用いる。

$$E = Cl^3$$

茲に E: 装薬量 (kg)

C: 抗力係数

l: 最小抵抗線長 (m)

最小抵抗線長は山の高さ (h) の 40%~60% に取るのが一般である。本地点に於ては山の高さが 60m~70m にも及んだので爆破に際し山の上部が残つて所謂山をかぶる状態になるのを虞れて上下2段に坑道を掘り装薬をなし完全に爆破しようかとも考えたが、山の節理の状況が良かったので上部も崩壊落下する事を確信して1段装薬とした。

最小抵抗線の長さは装薬量算定に影響する事大であり且つ思わざる処に抵抗弱き箇所あり爆破に際し此の

弱点より噴出する等の危険もあるから、入念に再三の測量をし各坑毎に地形、地質、節理状況等の検討を行い之を決定した。その結果は表-4の如く $l=23m \sim 25.5m$ となり、 l/h は 0.45~0.57 となつた。

3. 坑道及び薬室 薬室間隔は大体最小抵抗線長 l と等しくなる様に主薬室を配置した。

一般に薬室と坑道との連繋はT型とし1坑道に2薬室を配置するのが普通であるが、本爆破に於ては坑道延長の増加は来すけれども坑道掘進能率を挙げ工期を短縮せんとし又1薬室の装薬量が大きいので装薬搬入にも便ならしめる為1薬室1坑道とした。此の場合坑道が薬室と直線上にあれば爆破に際し噴出する虞れがあるから図-3の如く曲点を設けた。之は爆発ガスは埋戻岩屑を曲点に圧着し緻密な障壁を作るものと考えられるからである。

尙主薬室前方の荷が勝過ぎる傾向があるので爆破の確実を期し裾払いの意と又下段積込場に岩塊を豊富に落下供給せしめる為に主薬室前方主坑道の間間位に副薬室を設けた。

坑道の大きさは巾 0.8m 高 1.0m~1.2m 程度の断面を用いていたが、本爆破に於ては主坑道長 30m 以上にもなつたのでズリ出しに小型トロを使用し得る様に、又1薬室の装薬量が 7t に達したので之の搬入にも便なる様坑道断面を拡大し巾 1.2m 高 1.5m とした。

坑道掘進には鑿岩機 S-49 を用い 100 HP コンプレッサー 2台を駆動し昼夜2交替作業で掘進した。

主薬室の大きさは凡そ 7t のカーリットを収容する為約 20m³ の容積を持たせる如くした。

4. 装薬量 装薬量の算定には前記 $E = Cl^3$ 式を用いた。

C の決定には数回の爆破により 0.4~0.5 の範囲が適当と思われるが、本爆破箇所の下段に試みた第4爆破(図-5)に於ける結果に鑑み 0.45 を採用する事とした。之等計算の結果は表-2の通りである。

爆薬の総計は多少多い目に感ぜられるが、少なすぎて山が崩れず失敗した苦い経験もあり、爆破の確実を期したものであつて、爆破後の崩壊状況、下段積込場への落下岩量、崩壊岩石の積込の難易等より見て薬量は決して過大に過ぎる事なくむしろ適量であつたと思われる。

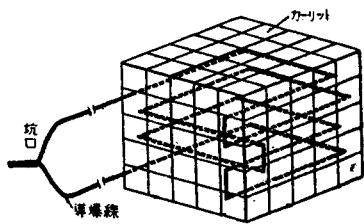
5. 装薬及び埋戻 爆薬はカーリットを用いた。之は縦横高各 22cm の角型で一箇重量 11.25kg 黒色防水紙で包装しあり、2箇宛木箱に入れてあるもので従来は包装紙弱く輸送中破れる事があつたので、今回

は特に包装紙を丈夫にして貰った。使用したカーリットの諸性能は表-3の如くである。

薬室に於ては防水の為基礎に角材を並べ、底部1段は周囲の部分は木箱の上蓋のみを取除いた箱詰カーリットを積重ね、その中は坑口に於て箱から出したものを包装紙のまま逐次方形に所要量を積重ねた。各薬室共雨水の滲透等により点滴程度の漏水があつたので、装薬の四囲を更に防水紙で掩い天井にはトタン板をかぶせた。

装薬の各層毎に導爆線を図-4の要領で配線し、両端末を左右に分ち各々坑道上隅を木片で押えつつ坑口迄引延ばし、

図-4 薬室内導爆線配線図



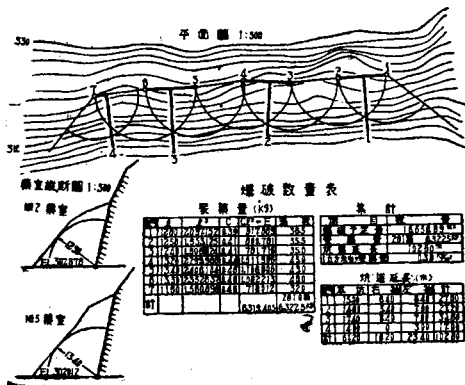
埋戻に際して

の切断損傷防止の為藁又は繩で巻いて保護した。尚導爆線の中味の薬切れ等万一の場合を警戒

し各々複線となす等充分に慎重を期した。埋戻には坑道掘削のズリ及び附近の岩屑を利用したが細粒のものが少く空隙が多いので主坑道の奥で薬室前方に約50cm厚の練積を施し'爆破ガスの逸脱を防止せんとした。此の実効は判明しなかつたが不完全で長い埋戻よりも短かくても完全な埋戻の方が効果的である事は間違ない所である。埋戻は更に練積閉塞に引続き坑口迄入念に行つた。

6. 爆破 装薬埋戻の終了に引続き坑外の点火準備作業を行つた。坑外の導爆線の配置に当つては各主薬室を同時に起爆せしめる様に導爆線の長さを調節した。又導爆線は途中での切断薬切れ等万一の場合を考え慎重を期して2本燃とし、更に各薬室を横に連絡す

図-5 第4爆破工事計画図



る線をも配置して置いた。

雷管は6号電気雷管を用い、導爆線との結束は爆破当日爆破危険区域外にて爆破直前に行つた。

点火装置は爆心より1200m離れた箇所にて12ボルトのバッテリーを用い起爆せしめた。

爆破実績は写真の如く薬室附近が一瞬膨れ上り続いてその上部が自重により落下崩壊するのが判然と見受けられた。

7. 爆破結果 爆破後詳細にその崩壊状況を調査したが、噴出の箇所も全然なく崩壊状況も予想に殆んど一致し、その崩壊総量は予想を20%余上廻る好結果を見た。

爆破実績は前日迄のものを含め表-4の通りである。

表-4 爆破工事実績

爆破区分	第一	第二	第三	第四	第五
地質	石崖斜面				
爆破日時	24.6.13	24.6.23	24.10.10	25.7.29	25.10.25
坑道型式	T×3	T×10.1×1	T×2	T×3.7×1	T×7.1×1
坑道延長	50.5 ^m	155.5 ^m	52.5 ^m	102.0 ^m	306.6 ^m
坑道断面	0.8×1.2 ^m	0.8×1.2 ^m	0.8×1.2 ^m	0.8×1.2 ^m	1.2×1.5 ^m
1層の坑道長さ	11.41 ^m	5.73	3.58	119	
坑道断面	21	4	7	57	81
掘削機種	0.8-30	5.0-85	10.0-135	11.6-13.0	23.0-25.5
掘削機数	0.35-0.45	0.40-0.44	0.55-0.44	0.39-0.46	0.45
掘削機1台	1.474 ^{m³}	2.616 ^{m³}	2.497 ^{m³}	6.322 ^{m³}	56.925 ^{m³}
爆破埋戻山量	18.940 ^{m³}	9.170 ^{m³}	26.710 ^{m³}	297.250 ^{m³}	
1 ^層 の薬量	0.25%	0.26%	0.22%	0.21%	
日取	53 ^日	22 ^日	18 ^日	325 ^日	
坑道日進	0.70 ^m	1.26 ^m	1.45 ^m	0.94 ^m	
坑道日取	3.59%	3.75%	1.76%	3.95%	
坑道日取	6.97%	3.32%	3.70%	4.12%	
坑道日取	0.57%	—	—	9.40%	
坑道日取	10.4%	7.7%	3.4%	4.4%	
埋戻	0.60%	1.2%	0.7%	4.5%	
坑道日取	1.6%	1.0%	1.4%	0.6%	
坑道日取	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	
坑道日取	2.1%	3.3%	2.7%	2.7%	

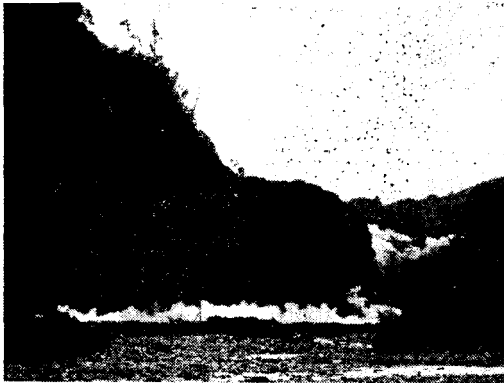
此の大爆破が効果的であつたか否かは、爆破のみでなく爾後の積込作業能率と関係し、目下工事中であるからその完成を見た上でなければ判明せぬ事ではあるが、爆破量1m³当り工費は低廉であり、小割費も軽減され、積込作業も中断される事なく能率的であり一応成功と云つても良いと思われる。

因に本爆破に際し地震研究所に於て爆破による地震動の影響を観測したのであつて、之によると爆心より約2000m離れた当工事事務所に於て震度k=0.02の弱震を記録し、120km離れた宮城県亶理郡に於ても地震計に記録されたと云う。

最後に之等爆破の計画指導は当局にて行い、工事は西松建設株式会社の請負であつた。

之等爆破については阿部一郎氏、高田昭氏、関東電気工業株式会社の野原舜夫、鈴木豊治、伊藤長作の諸氏等諸先輩の御指導を得たものである事を附記し、心から感謝の意を表するものである。

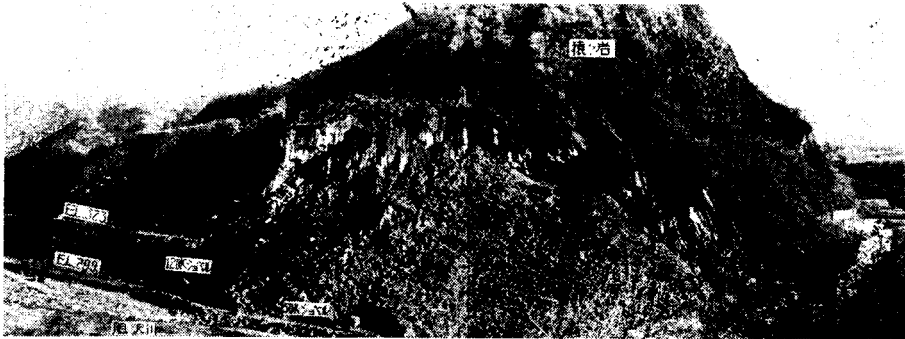
写真一1 爆破瞬間の状況
(アサヒグラフ提供)



写真一2 爆破直後の崩壊状況
(アサヒグラフ提供)



写真一3 崩壊後の全景



写真一4 採石状況



(昭.26. 5. 28)