

摺上川ダム仮排水トンネル貫通

The Excavation of the Surikamigawa Dam Diversion Tunnel

池田 隆 (いけだ たかし)

建設省東北地方建設局摺上川ダム工事事務所 所長

今野 民 男 (こんの たみお)

建設省東北地方建設局摺上川ダム工事事務所 工務課長

1. はじめに

摺上川ダムは、阿武隈川水系摺上川の福島県福島市飯坂町茂庭地内に建設省が建設を進めている、洪水調節、流水の正常な機能の維持、灌漑・上水道・工業用水の補給、発電を目的としたロックフィルダムである。諸元を表-1に示す。

転流工工事は、ダム本体建設工事の準備工事としてダムサイトの河道を仮排水トンネルに切り替えるもので平成5年4月にトンネル掘削を開始し、平成5年11月に下段トンネル、12月に上段トンネルが貫通したものである。口絵写真-27参照。

2. ダムサイトの地形および地質概要

ダムサイトは、奥羽山脈摺上山に源を発する摺上川の中流部に位置している。兩岸の山腹ではほぼ河川流路に平行な地形をなすが、小さな沢が数多く存在し、山腹から供給された土砂により河岸段丘面上

表-1 貯水池およびダム諸元

ダム名	河川名	阿武隈川水系摺上川
	位置	福島県福島市飯坂町茂庭地内
目的	洪水調節	流水の正常な機能の維持 灌漑・都市用水・発電
	流水の正常な機能の維持	
型式	中央コア型	ロックフィルダム
	頂高	
諸元	堤頂高	111.5m
	堤頂長	750.0m
元	堤体積	8 900 000 m ³
	計画高水流量	850 m ³ /s
貯水池諸元	計画放流量	30 m ³ /s (最大 100 m ³ /s)
	設計洪水流量	2 100 m ³ /s
貯水池諸元	流域面積	160 km ²
	湛水面積	4.6 km ²
貯水池諸元	サーチャージ水位標高	306.5m
	常時満水位	296.5m
貯水池諸元	最低水位	245.0m
	総貯水容量	153 000 000 m ³
貯水池諸元	有効貯水容量	148 000 000 m ³

に小規模な扇状地が形成されている。また、河岸部は河床からの比高約30mの段丘崖となっている。

ダムサイトは、奥羽脊梁山脈東側のグリーンタフ地域に位置し、周辺には新第三紀中新世中～後期の火山砕屑岩類が分布している。ダムサイト付近に分布する地質は安山岩質の軽石礫を多量に含む火山礫凝灰岩と巨礫を含む凝灰質礫岩からなる。岩盤は、地表付近を除き C_H、C_M 級となっており、仮排水トンネルは、概ね C_H 級岩盤内を通過している。

ダムサイトの岩盤試験結果を表-2に示す。

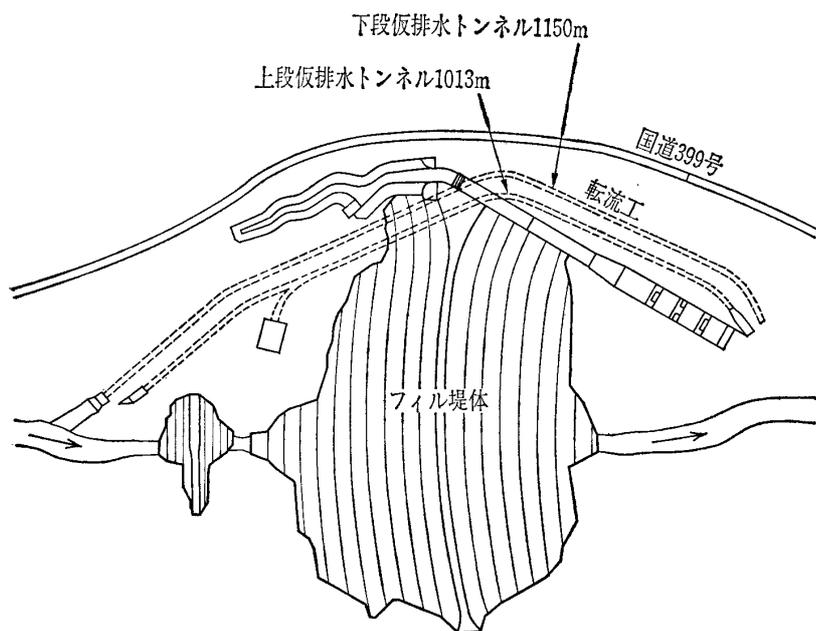


図-1 摺上川ダム平面図

工事報告

表-2 岩盤試験結果

岩種	岩級	岩石の一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	せん断強度		変形係数 (kgf/cm ²)
			τ_0 (kgf/cm ²)	ϕ (°)	
火山礫凝灰岩 (Nlt)	C _H	81~413 平均 221	28.0	53.3	1.9~2.9×10 ⁴
礫岩 (Ncg)	C _M	34~268 平均 129	16.0	44	1.0~1.5×10 ⁴
礫岩 (Ncg)	C _L	9~120 平均 61	7.0	44	0.8~1.5×10 ⁴

3. 工事の状況

仮排水トンネルの施工は、出水時の安全性、湧水処理等を考慮し、吐口から NATM (発破工法) により平成5年4月に着手した。トンネル工事では、新工法としてトンネル断面自動マーキングシステムと非電気式起爆法を採用し、作業の省力化と安全性の向上を図ることができた。

3.1 トンネル断面自動マーキングシステム

トンネル断面自動マーキングシステムとは、トンネルの平面・縦断線形、掘削断面などの情報を事前にパソコンにインプットし、トンネル後方に設置したレーザーマーキング装置を制御することにより、切羽面にレーザー光線を連続

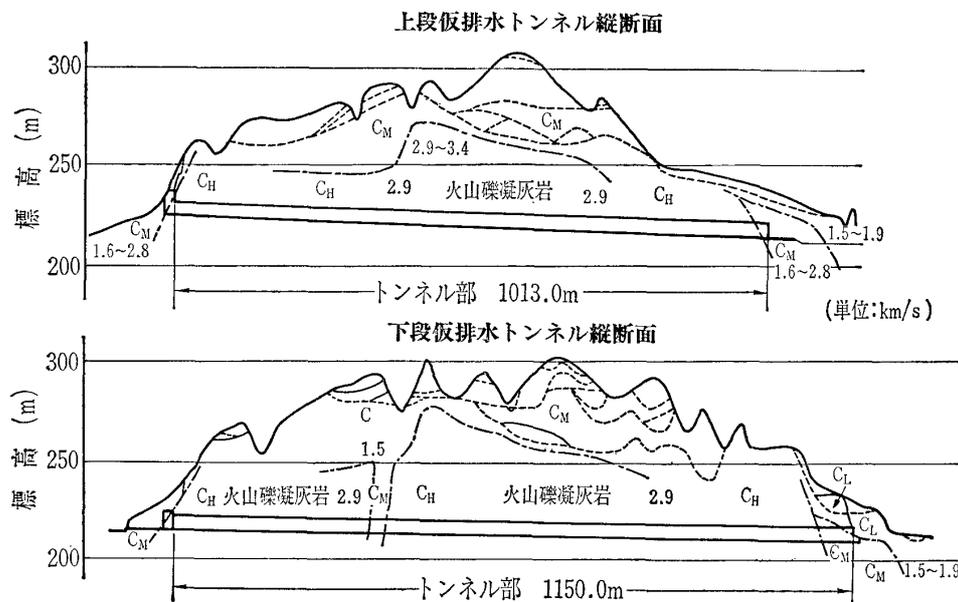


図-2 仮排水トンネル縦断図

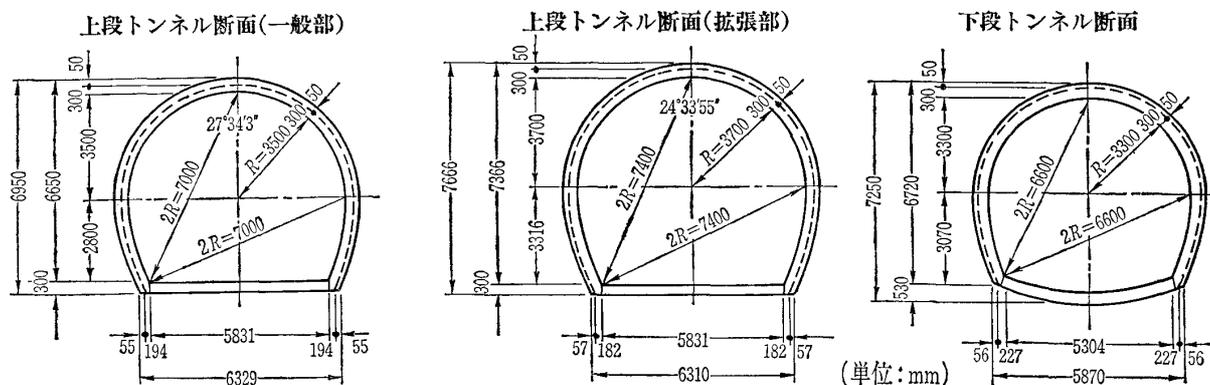


図-3 仮排水トンネル断面図

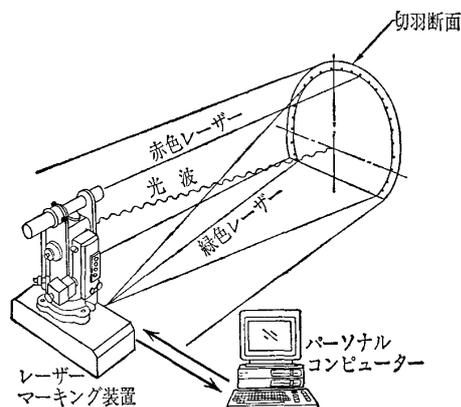
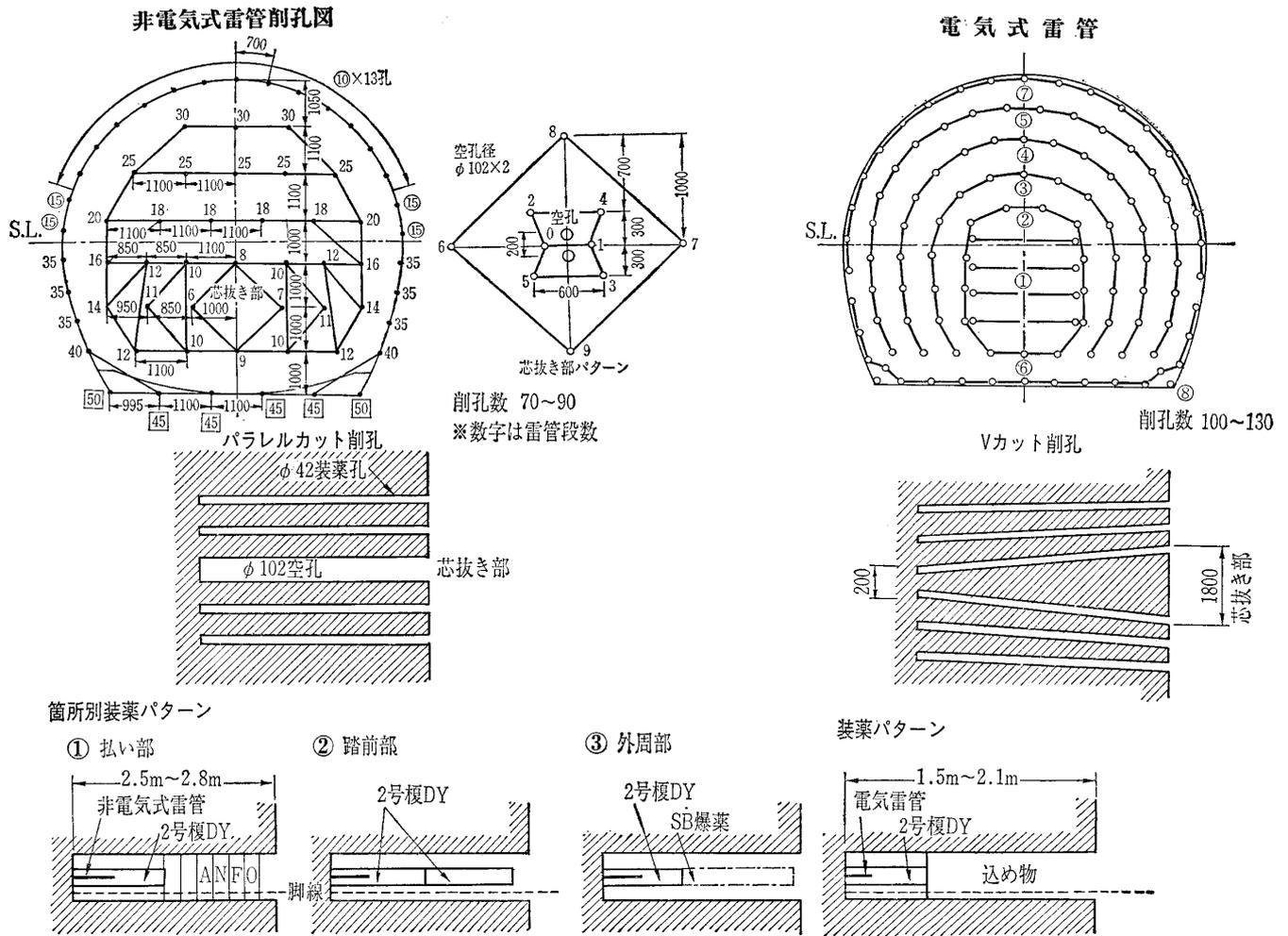


図-4 トンネル断面自動マーキングシステム模式図

的に照射し最適な掘削ラインを描き出すシステムで、測量作業の省力化と正確な掘削を可能にしている。

測量方法は次のとおりである。

- ① あらかじめパソコンに、線形などの情報をインプットしてソフトをつくる。
- ② 切羽後方約50mの任意の点にレーザー付マーキング装置をセットし、その地点の座標を坑内の基準点より求める。
- ③ 遠隔操作ボタンで照射したい断面(全断面, 上半, 下半等)を指示すると切羽に自動的に掘



図—5 発破方法比較図

削断面が表示される。

なお1回のセットで、100~150mの切羽測量を自動的に行うことができる。

トンネル断面自動マーキングシステムの得失を表—3に示す。

システム採用そのものの得失は表—3であるが全体としては安全施工、労働時間の短縮、掘削余掘の減少等の成果をあげている。また、測量精度も非常に向上し、トンネル貫通時の誤差は20mmにとどまっている。

表—3 得失表

	メリット	デメリット
1	切羽測量の省力化	カーブ区間の使用ができない
2	掘削の正確性	値段(ソフト損料)が高い
3	作業員で切羽の測量ができる	線形の変更ができない
4	機械の操作が簡単	粉塵でフロッピーが壊れる
5	切羽の正確な位置の確認	設置に時間がかかる

3.2 非電気式起爆法

非電気式起爆法では、電気発破と同様雷管によって爆薬を起爆するが、非電気式雷管は外径3mmのプラスチックチューブの内側に薄い爆薬の層を塗布した導爆線を伝わってくる衝撃波によって点火する。本トンネル工事においては、テストケースとして約250mの区間(B岩盤)について実施したものである。

非電気式起爆法の特徴として次の点が挙げられる。
ア. 雷, 静電気, 漏洩電流などに対して安全である。

イ. 非常に細かい段発が設定できる(本トンネルでは50段まで実施している)ので発破振動や発破音を軽減することができる。

ウ. ANFOと組み合わせることにより、長孔発破が可能となる。本トンネルでは、平均2.5mの発破長で実施した。

エ. 湧水による漏電事故が無い。

発破の手順は以下のとおりとした。

工事報告

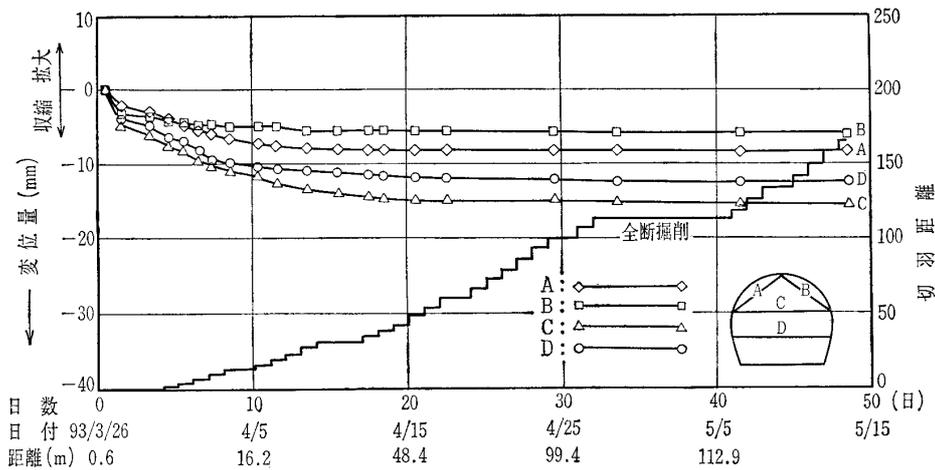


図-6 内空変位測定図

- ① 心抜き部分に空孔を2孔削孔する。
- ② パラレルカット（水平，平行）に削孔する。
- ③ 最深部に非電気式雷管をつけた親ダイナマイトと最下端の踏まえに2号榎，スプリングラインより上部の外周は，SB爆薬，ほかは，ANFOを装薬する。
- ④ 結線後発破を行う。

図-5に非電気式雷管と電気式雷管の発破方法比較図を示す。

B岩盤での掘進長は次のとおりである。

ア. 非電気式雷管 日最大3発破×1発破当たり
進行長 2.5m=7.5m/日

イ. 電気式雷管 日最大3.5発破×1発破当たり
進行長 2.0m=7.0m/日

以上，テストケースとして使用した非電気式雷管

表-4 支保構造の組み合わせ

地山等級	ロックボルト	鋼アーチ支保工		吹付け厚 (cm)	覆工厚 (cm)	イトン厚 バー (cm)
	長さ×周方向間隔×延長方向間隔 (m)	規格	建間 込隔 (m)			
B	3.0×1.5×2.0	なし	—	5	30	30
C I	3.0×1.5×1.5	なし	—	10	30	30
C II	3.0×1.5×1.2	H-125	1.2	10	30	30

(地山等級は，土木学会発行「トンネル標準示方書」による。)

注1) 計測Aは，日常の施工管理と類似した条件のトンネルの設計に使用するための資料の蓄積を目的とし，坑内観察調査，天端沈下測定，内空変位測定を実施する。

計測Bは，当初設計の妥当性の検証と実施設計へのフィードバックおよび類似した条件のトンネルの設計に使用するための資料の蓄積を目的とし，地山試料試験，地中変位測定，ロックボルト軸力測定，吹付けコンクリート応力測定，鋼アーチ支保工応力測定，地表・地中の沈下測定の実施項目から必要性により選定し実施する。

について記述したが火薬にANFOを使用したため，湧水箇所不能使用できず，同じ現場での電気式雷管との併行使用は，現場作業の繁雑さを伴いコスト的には変わらなかったと思われる。

3.3 支保構造

トンネル掘削における地山等級区分による支保構造の組み合わせを表-4に示す。

3.4 計測

NATM工法によるトンネル掘削の場合，内空変位測定，天端沈下測定等の計測は施工管理上不可欠である。本工事においては計測A^{注1)}を採用したが，その結果は管理基準の60mmに対し15mm程度の変位にとどまっており，安定した地山であることを確認している。本トンネルの地山等級の1番悪いC IIの内空変位測定図を図-6に示す。

地山の大部分がC_H級の安定した岩盤であり，また湧水も多少あったものの工事の進捗を妨げることもなく順調に進み，平成5年11月29日下段トンネル1150mが貫通，続いて12月15日に上段トンネル1013mが貫通した。掘進速度は施工日(2交替)当たり平均5.7m/日となっている。

4. あとがき

本報告は工事途中ではあるが，バイパストンネル工事が貫通したので掘進状況について記述したものである。今後仮排水トンネルのコンクリート巻立，坑門工等を施工し，平成7年秋には転流を行い，ダム本体の本格的な工事に入る予定である。

(原稿受理 1993.12.6)