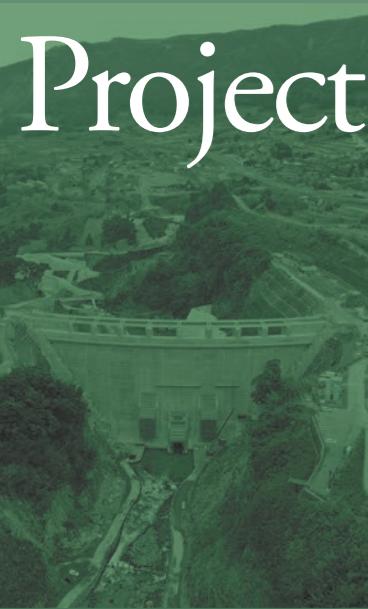


Project

brief 2

プロジェクト紹介

火山噴出物を基盤とする 阿蘇立野ダムの止水処理



井上 道則

INOUE Michinori
八千代エンジニアリング株式会社
九州支店
環境部



鹿児島 猛

KAGOSHIMA Takeshi
八千代エンジニアリング株式会社
九州支店
ダム・砂防部



はじめに

阿蘇立野ダムは、国土交通省九州地方整備局が熊本県白川流域の洪水被害の防止、軽減を目的として建設した流水型ダム（堤高87m）であり、2024年4月に運用を開始している。ダムの建設では、堤体周辺の基礎岩盤の透水性を一定以下の目標値まで小さくし、堤体の止水安全性を確保する必要があるが、阿蘇立野ダムサイトは、阿蘇カルデラの縁に位置し、主として阿蘇火山の噴出物で構成されている。左岸～河床に先阿蘇火山岩類（Pa）、右岸に立野溶岩（Tt）が分布しており、それぞれ透水性が異なっている。このため、左岸～河床と右岸に大別して止水方法の検討を行った。

このような状況の中で、私たちは透水性が高い地層に対する効果的な止水計画の立案を行うとともに、施工時のセメントミルクの注入状況あるいは透水試験の試験データを加味しながら止水処理範囲、施工方法等を工夫することで、目標値を満足する止水処理を実施した。

阿蘇立野ダム基礎岩盤の地質

阿蘇立野ダムの基礎岩盤は、阿蘇火山の噴火に伴う溶岩及び溶岩

休止期に堆積した間隙堆積物からなる。ダム左岸～河床には、主に溶岩からなる先阿蘇火山岩類（Pa）が分布し、ダム右岸には立野溶岩（Tt）及びその下位に間隙堆積物である立野層（T）が分布している（図2参照）。

阿蘇立野ダムの主要な基礎岩盤の透水性

立野溶岩塊状部（Ttm）

溶岩が厚く、冷却に伴う体積収縮で生じた冷却節理と呼ばれる割れ目が連続的に発達しており、開口状の割れ目、あるいは連結した

割れ目に伴い高透水性状となる。加えて、河川上下流方向に連続して分布するために水みちとなる可能性があると評価し、止水処理において特に留意した地層である。

先阿蘇火山岩類（Pam、Paa）

溶岩塊状部（Pam）と自破碎部（Paa）からなる。溶岩塊状部は亀裂性岩盤であり、冷却節理による初生的な割れ目が発達しているため、相対的に透水性が高い。一方、自破碎部は基質と礫からなる礫質岩盤であり、基質の粒子間あるいは基質と礫との境界に水が浸透する。新鮮部では基質と礫は密着し



図1 阿蘇立野ダム位置図

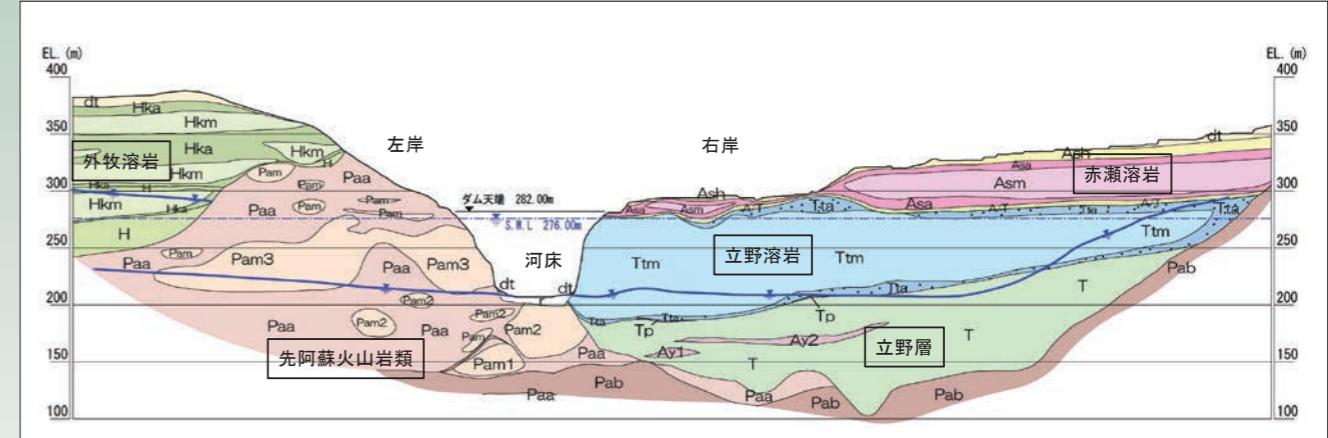


図2 阿蘇立野ダム地質断面図

ており、透水性は低いが、風化部では基質の密実度が下がり、基質と礫の間に隙間ができるため、透水性が高くなる。

止水処理

遮水性改良を目的としたグラウチングはコンソリデーショングラウチングとカーテングラウチングがある。今回は、貯水池外への水みちとなる恐れのある高透水部を改良するカーテングラウチングの止水計画について示す。

1. 立野溶岩塊状部（Ttm）対象

計画概要

改良範囲は、高透水割れ目が分布する立野溶岩塊状部（Ttm）のサーチャージ水位（ダム運用時の洪水時最高水位）以下を全面止水対象とした。図3白抜き部はダムサイト直下流の河床・河岸に連続する「水みち」になることはないことから改良対象外とした。Ttmは止水処理によって透水性が改良しやすい（改良性が高い）岩盤であり、孔配置は、孔間隔1.5mを最小とする単列配置とした。

施工時の対応

① 注入方式

右岸のグラウチングは、上位ス

テージ※1ではセメントミルクが下方に流出し、規定量中断が頻発した。下位ステージから注入（パッカ方式）する方が下方へのミルクの流出を抑制できる可能性も考えられたことから、試験施工で改良効果を確認した（図4参照）が、改良効果に大差がなかったことか

② 補助孔の配置

右岸Ttmでは、規定量中断が生じたステージが多数発生したため、5回以上の注入を実施しても完了の見込みが立たないステージに対

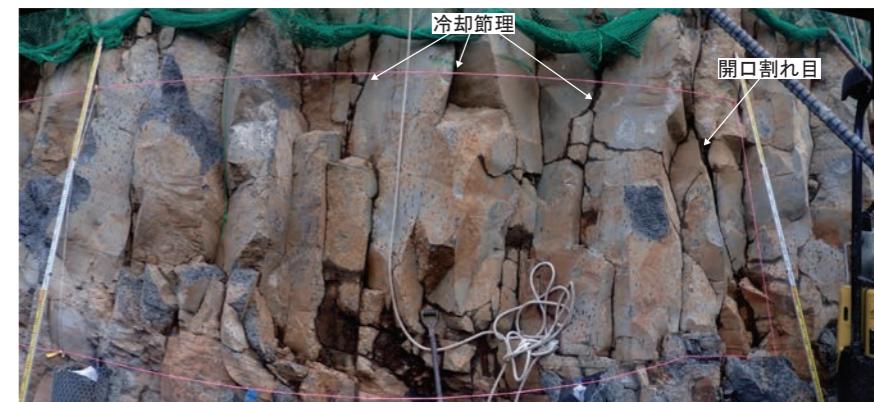


写真1 立野溶岩塊状部
Ttmは冷却節理が発達し、その中で開口割れ目、連結した割れ目が水みちとなる



写真2 先阿蘇火山岩類（Pam、Paa）掘削面
Pamは亀裂性岩盤で、冷却節理が発達している
Paaは礫質岩盤で基質と礫から成る

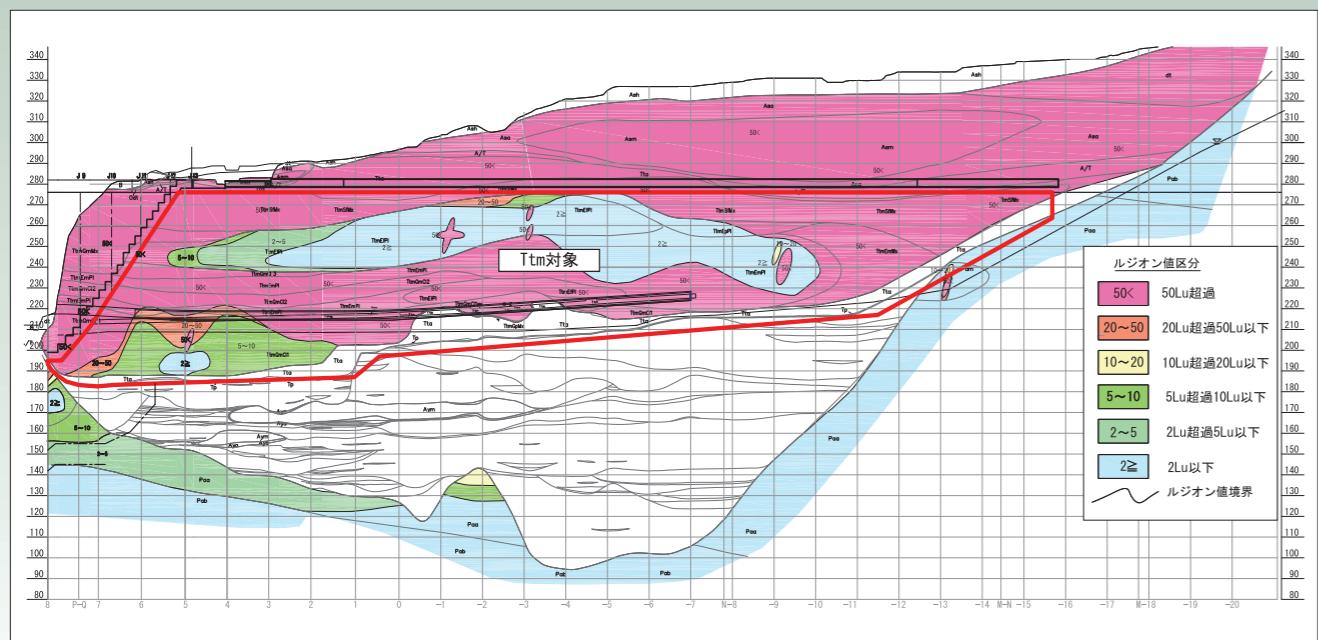


図3 右岸部改良対象範囲

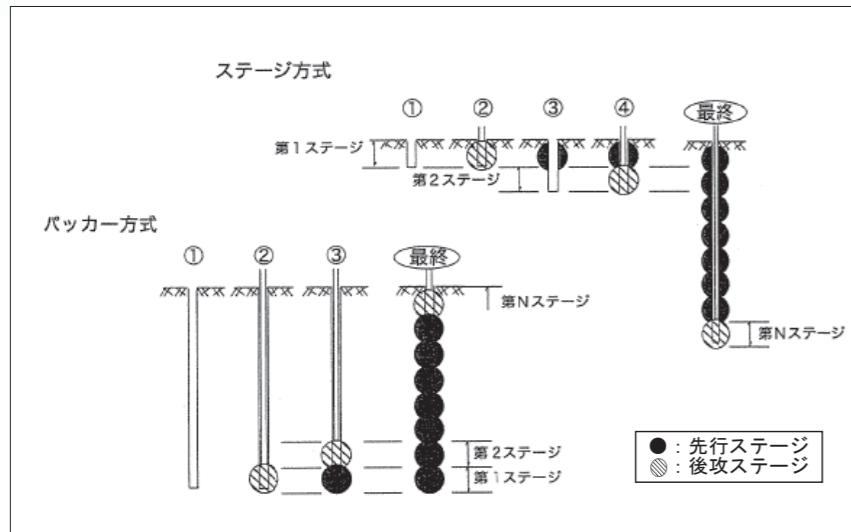


図4 注入方式 (出典: グラウチング技術指針・同解説 (H15.7))

しては改良範囲外へのセメントミルクの流出を抑制するため、周辺に補助孔を配置し、モルタルによる粗止めを実施した後に改良する方針とした。

施工実績

施工次数を追うごとにルジョン値 (Lu)^{※2}は低減していく傾向が認められ、表層及び下端で多くの追加孔を施工した (最大7次孔) が3~4次孔までの施工で概ね目

標程度まで改良された。チェック孔では、施工した全カーテンブロック^{※3}で85%非超過率を満足していることを確認し完了とした。

2. 先阿蘇火山岩類 (Pam, Paa) 対象計画概要

溶岩塊状部 (Pam) は割れ目の状態、自破碎部 (Paa) は基質と礫の境界性状や風化の程度が透水性に影響を及ぼしていた。透水性

を支配する要素の分布を踏まえ、改良目標値に地山の透水性が達するまでの範囲を止水する方針とした (図5参照)。

孔配置は、改良性が良いと想定されるPamは、孔間隔1.5mの単列配置を基本とした (改良目標値: 2Lu^{※2})。

相対的に改良性が低いPaaは、超微粒子セメントを適用し、列間隔1m、孔間隔0.75mで孔配置した (改良目標値: 2Lu) (図6参照)。

施工時の対応

① Paa改良目標値の見直し

河床部では4次孔単列の施工で2Lu以下まで改良されている箇所が複数確認され、単列施工でも2Luまでの改良が期待できたことから、河床部Paa: 4次孔 (単列)とした。

左岸~河床部は難~低透水性主体であるため、規定孔を3次孔として施工した (図7参照)。

② 長時間水押し試験反映

圧力定常状態における流量減少傾向が多く認められたことから、長時間水押し試験結果を参照し、

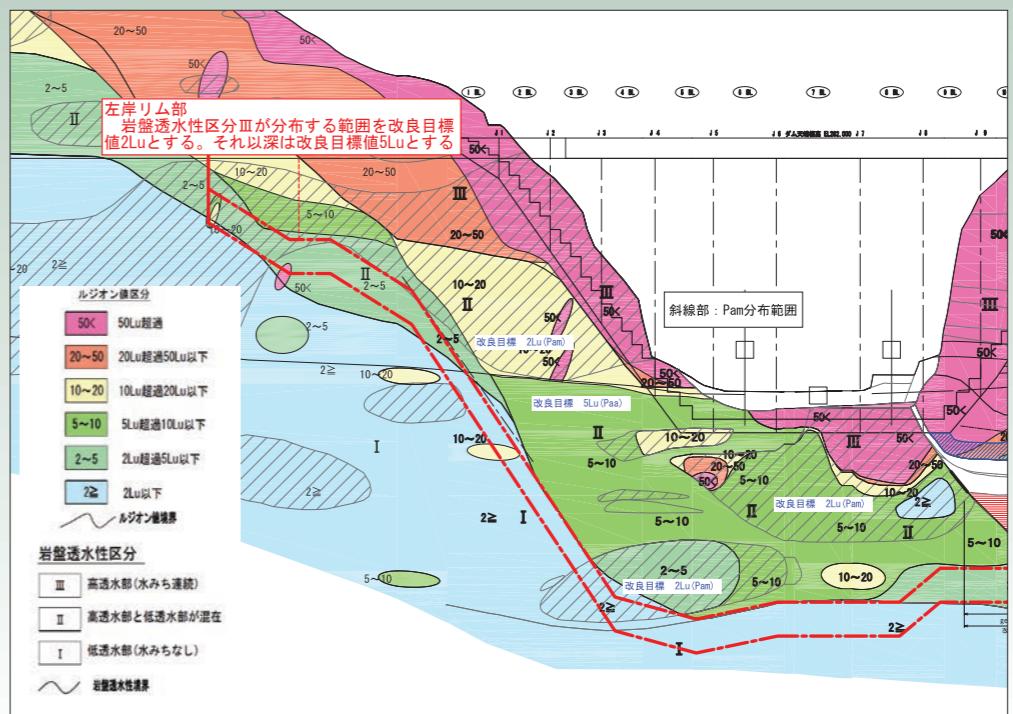


図5 左岸・河床部改良範囲

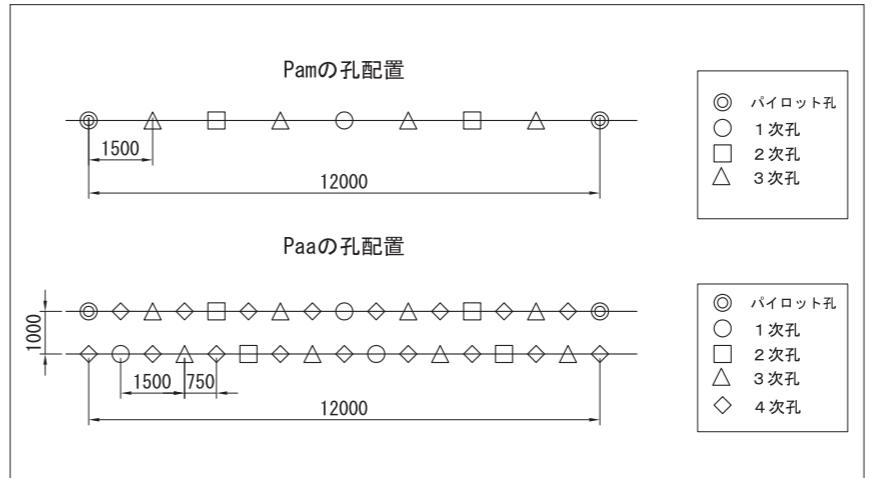


図6 改良特性に応じた孔配置平面

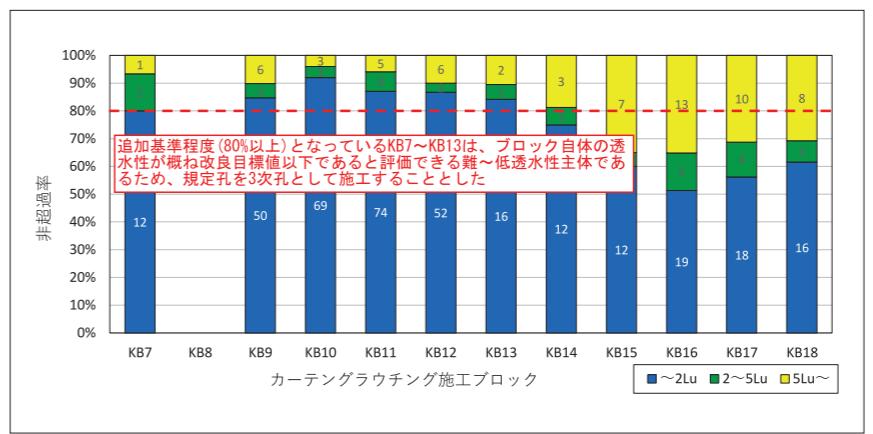


図7 Paa単列施工3次孔までの改良目標値2Luに対する非超過率

通常水押し試験において4Lu未満で限界圧力が生じていない場合は2Luと評価した。

施工実績

左岸部は基本的に低透水を示し4次孔で概ね完了したが、頂部では局所的に8次孔まで要した。左岸リム部では、Pam、Paa混在部で改良性が低く、7次孔まで要した。河床部では、左岸リムに比べ風化の影響は小さく単列施工とした。Paa混在部の改良が進まない範囲では6、7次孔まで要した。

今後の展望

近年、地球温暖化に伴う気温上昇に伴い、大雨時の降水量が増加する傾向にある中、大雨洪水時に阿蘇立野ダムが担う洪水調節の役割の重要度が増していくと考えられ、阿蘇立野ダムが流域防災の要になってくれることを期待している。

ダム止水処理解析では、基礎処理データCIM連動による解析の効率化やAIを用いた試験データの効率的な分析の発展による効率的な止水処理の構築が望まれる。

※1 ステージ:ルジョンテスト及びグラウチングを行う1区間長。

※2 ルジョン値: 岩盤透水性の指標であり、ボーリング孔内で行うルジョンテストにより得られる値。ルジョンテストは、ボーリング孔の任意区間において、注入圧力を段階的に変えた際の水の注入量を測定する試験であり、有効注入圧力と注入量の関係から、圧力1MPaの圧力の中で区間長1mあたり、1分間の注入量(リットル)を基に算定する。

例: 圧力1MPaの時に、試験区間5mの区間に1分間に20リットルの水が注入された場合
→ 20リットル/5m・1分 = 4リットル/1m・1分 = 4L

Lu: ルジョン値 → 2Lu = 2ルジョン: 2以下であれば非常に水を通しにくいとされる。

※3 カーテンブロック: パイロット孔 (調査目的を兼ねる12m間隔に配置したコア採取孔) 間を1ブロックとした改良性評価区間 (KB○○)。