

夕張スーパーパロダムの遮水層に着目した 基礎処理計画について

—基礎処理の合理化とコスト縮減対策—

札幌開発建設部夕張スーパーパロダム総合建設事業所 えん堤班 ○森川 真彦
土肥 諭志
木澤 智也

夕張スーパーパロダムは、石狩川水系夕張川上流に位置する大夕張ダムの再開発事業として建設中の多目的ダムである。本ダムサイトの左右岸部には、透水性の極めて高い地層が深部にまで分布しており、基礎処理工が大規模になることが課題となっていた。本稿では、詳細な水理地質構造を検討した結果、天然の遮水層を活用することにより、基礎処理工の合理化とコスト縮減を図ることが可能になった左岸リム部の検討結果を報告する。

キーワード：カーテングラウチング、基礎処理、合理化、コスト縮減、水理地質構造

1. はじめに

(1) 事業概要

夕張スーパーパロダムは、夕張川上流の夕張市に位置する昭和37年に完成した大夕張ダム下流155mに建設中の重力式コンクリートダムである(図-1, 図-2)。堤高110.6mであり、既設の大夕張ダムと比較して堤高が約43m大きくなる(表-1)。平成24年10月に堤体コンクリート打設が完了、平成25年11月に基礎処理工が完了し、平成26年3月から試験湛水を開始する予定である。

表-1 ダム諸元

—	大夕張ダム	夕張スーパーパロダム
目的	かんがい、発電	洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい、水道、発電
型式	重力式コンクリートダム	
堤高	67.5m	110.6m
堤頂長	251.7m	390.0m
堤体積	200,000m ³	940,000m ³
総貯水容量	87,200千m ³	427,000千m ³
有効貯水容量	80,500千m ³	367,000千m ³



図-1 位置図

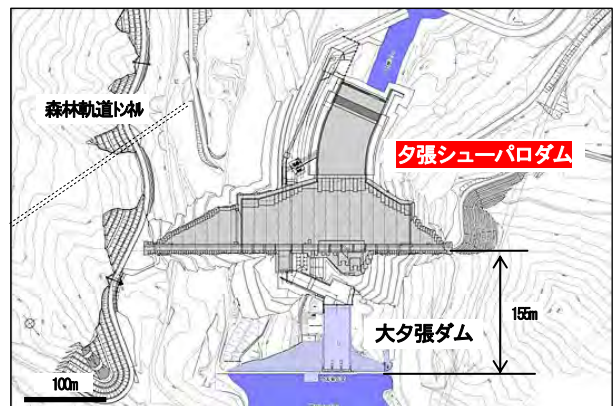


図-2 ダム平面図

(2) 基礎処理合理化経緯

ダムサイトの左岸部には高透水部を示す地層が、比較的大規模に分布し、湛水時に漏水経路(水みち)となることが懸念されており、カーテングラウチングによる基礎処理により改良する計画とした。

一般的なグラウチングの調査、計画及び施工に関する基本的な事項は「グラウチング技術指針・同解説¹⁾」において規定されており、「改良範囲は、最大ダム高を限度に、深度方向およびリム奥行き方向の透水性が改良目標値に達するまでの範囲」とされている。

これを本ダムに適用した場合、改良範囲が大規模になることに加え、漏水経路が残置されることが懸念された。このため、夕張スーパーダムでは、追加調査および詳細な水理地質構造を検討した結果、天然の遮水層を利用することにより、漏水経路の効率的な止水および改良範囲低減によるコスト縮減を図ることとした。

2. ダムサイトの地形・地質・透水性概要

(1) ダムサイトの地形・地質概要

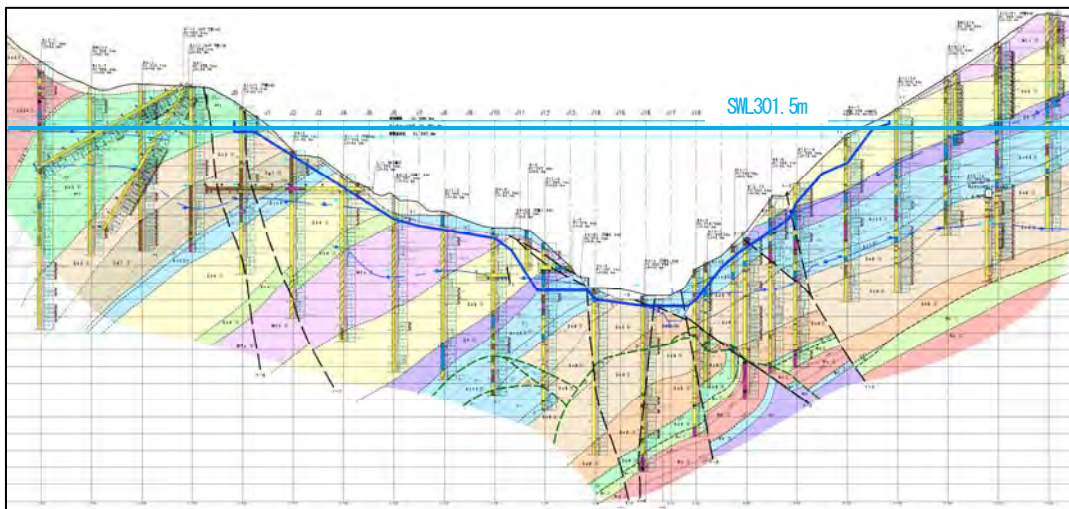
河床部は大夕張ダムから続く狭窄部からなり、40～50m前後の河床幅からなる。堤体アバット端部は、左右岸部ともに出尾根地形であり、右岸部の出尾根地形は上

流方向に延び、左岸部では下流方向に延びる(図-2)。

ダムサイトの基盤岩は、白亜紀後期の「函淵層群」、古第三紀の「登川層」が分布し、大半は函淵層群からなる。「函淵層群」は、塊状の厚い砂岩を主体とし、この他に礫岩、頁岩、凝灰岩などを挟在する堆積岩で構成される。地層は左岸上流方向に45°前後の傾斜を有しており、ダム軸断面では、左岸方向に30°前後の傾斜となる(図-3)。

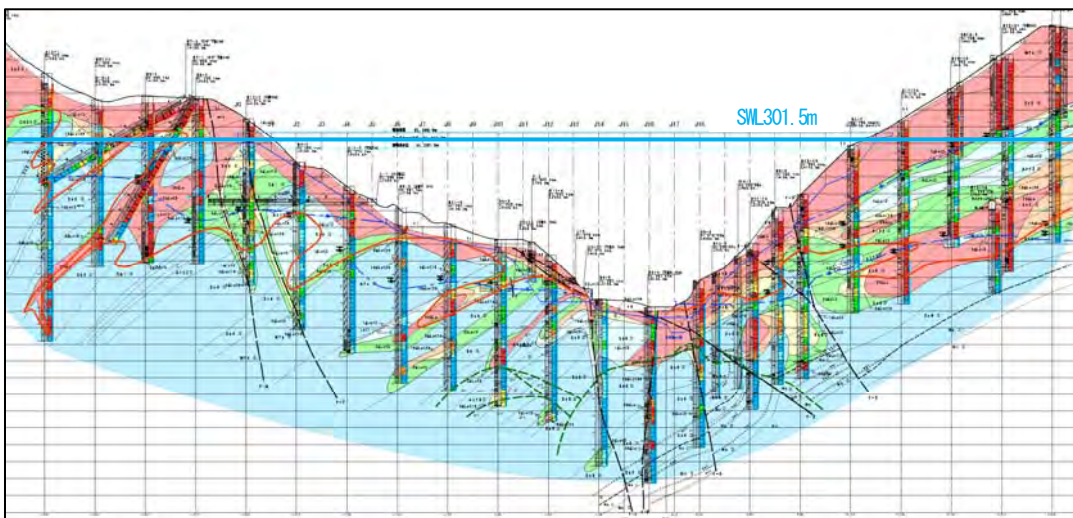
(2) ダムサイトの透水性概要

ダムサイトの基盤岩の透水性は、一般的に岩質に依存する傾向があり、当ダムサイトに広く分布する函淵層群の泥質岩は、全般に2～5Lu以下(1Luは $1.3 \times 10^5 \text{cm/sec}$ に相当²⁾)と透水性が低い。これに対して、函淵層群の砂質岩の一部は、左右岸において、地層沿いに深度100m以上にまで10～20Lu以上の高透水性を示すことがある(図-4)。



Code	Stratigraphic Unit	Rock Type
Hr		凝灰岩
Nc ③	砂岩・泥岩・石灰	砂岩・泥岩・石灰
Nc ②	泥岩・石灰	泥岩・石灰
Nc ①	細粒砂岩・石灰	細粒砂岩・石灰
Ss 6 20	粗粒砂岩	粗粒砂岩
Ss 6 19	粗粒砂岩～含礫砂岩	粗粒砂岩～含礫砂岩
Ss 6 18・18'	粗粒砂岩	粗粒砂岩
Ait 3 17・17'	含礫砂岩	含礫砂岩
Sh 16	頁岩・凝灰岩	頁岩・凝灰岩
Sh 15	頁岩	頁岩
Ss 5 15	中粒砂岩	中粒砂岩
Mfs 14	泥質細粒砂岩	泥質細粒砂岩
Ss 4 13	含礫・海緑石・中～粗粒砂岩	含礫・海緑石・中～粗粒砂岩
Ss 4 12	粗粒砂岩	粗粒砂岩
Ait 2 11・11'	凝灰質砂岩・頁岩	凝灰質砂岩・頁岩
Cgl 10	礫岩	礫岩
Ss 3 9	中粒砂岩	中粒砂岩
Ss 3 8	粗粒砂岩～粗粒砂岩	粗粒砂岩～粗粒砂岩
Ss 3 mfs 8	泥質細粒砂岩	泥質細粒砂岩
Ss 3 7	礫岩	礫岩
Cbsh 6	砂岩・礫岩・石灰・凝灰岩	砂岩・礫岩・石灰・凝灰岩
Ss 2 5	粗粒砂岩～含礫砂岩	粗粒砂岩～含礫砂岩
Ss 2 4	粗～中粒砂岩	粗～中粒砂岩
Tsh 3	凝灰岩・凝灰質頁岩	凝灰岩・凝灰質頁岩

図-3 ダム軸地質断面図(調査時)



【ルジオン値凡例】	
Red	20 ≤ Lu
Orange	10 ≤ Lu < 20
Yellow	5 ≤ Lu < 10
Light Green	2 ≤ Lu < 5
Light Blue	1 ≤ Lu < 2
Dark Blue	Lu < 1

図-4 ダム軸ルジオンマップ(調査時)

3. カーテングラウチング改良範囲設定の流れ

左岸リム部のカーテングラウチングの改良範囲設定の流れを以下に示す(図-5)。

当ダムにおいては、一般的な検討に加え、追加調査および水理地質構造検討の結果をもとに、止水ラインおよび改良範囲の見直し検討を行った。後述するが、止水ラインを極端に下流に折り曲げる特異な形状としたため、施工時に水理地質構造の検証を確実にし、改良範囲の妥当性・課題と対応等を検討した。

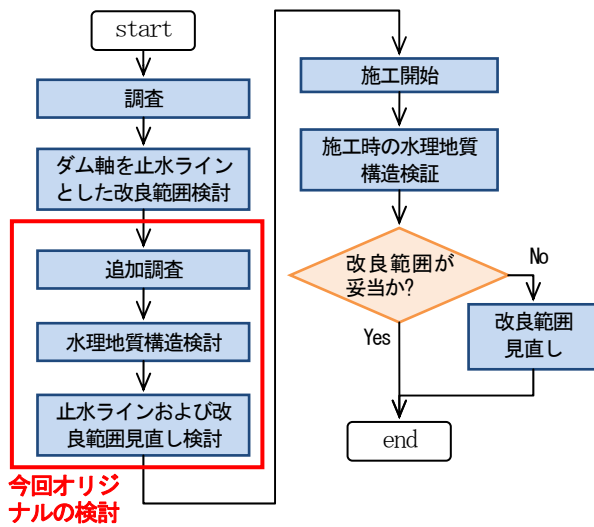


図-5 左岸リム部カーテングラウチング改良設定の流れ

4. 既往調査結果および当初改良範囲

左岸部ダム軸上では、礫岩Cgl層および粗粒砂岩Ss3層沿いに深度100m以上、リム奥行き100m以上にまで広範囲に高透水性が分布している。高透水性の下位には、一般に2~5Lu以下の難透水性の凝灰質砂岩頁岩互層Alt2層(層厚約15m)および細粒砂岩Ss4層(層厚約40m)がダム軸上流側を含めて広く分布する(図-6)。

地下水位は全般に低い傾向が認められ、これは、左岸地山奥深部の森林軌道トンネルの影響によるものと考えられる(図-2・図-3)。

当初の改良範囲は、奥行き方向は約1H(ダム高)の120m、深度方向はSs3層およびCgl層の高透水性部を網羅する範囲までと設定した(図-6)。ただし、改良範囲の端部において高透水性が残置されることが課題であったため、追加調査を行い透水性及び上下流方向への連続性の有無を確認することとした。

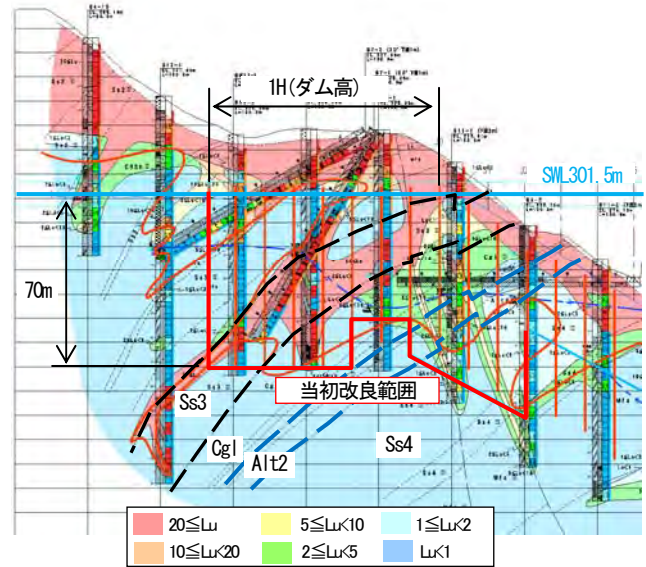


図-6 改良範囲計画図(当初)

5. 追加調査結果および水理地質構造検討

左岸部の地層は上流に45°程度傾斜しており、下流では高透水性部は浅い範囲にとどまることが想定できたため、ダム軸の下流側を対象として、10孔の追加ボーリング調査およびレジオンテストを行った。その結果を以下に示す。

- 追加調査前の想定と同様に、高透水性部は下流に向かうほど浅い出現範囲にとどまり、高透水性部の下位のAlt2層は2~5Luの難透水性を示した(図-8)。Alt2層はダムサイト周辺に広く分布し、深部の改良目標値(5Lu)を下回る難透水性を示すことと亀裂のほとんど無い新鮮な岩盤であることから、Alt2層は天然の遮水層として期待できると判断した(写真-1、図-7)。

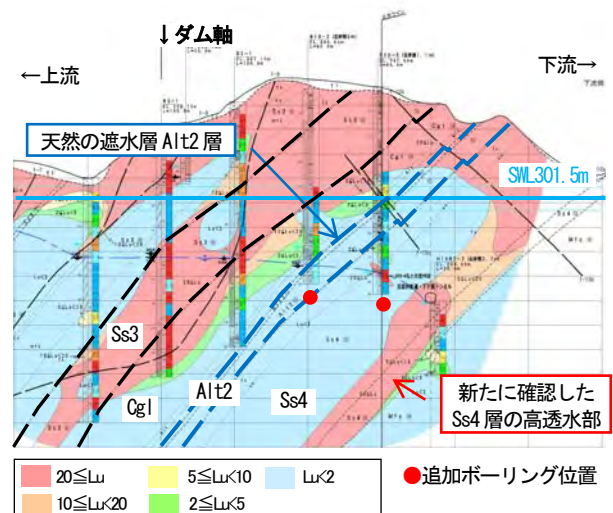
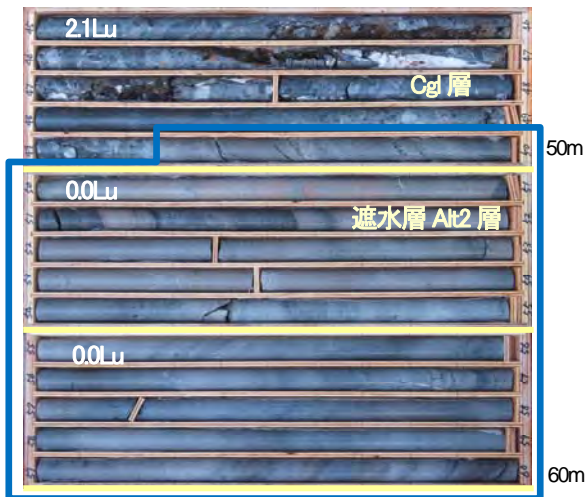


図-7 左岸部上下流方向レジオンマップ



Alt2層は亀裂のほとんどない新鮮な岩盤からなる。

写真-1 遮水層Alt2層コア写真(B18-1孔)

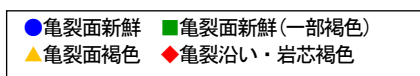
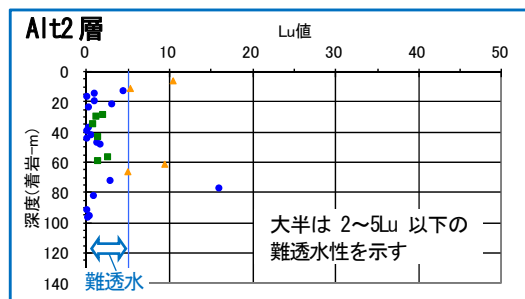
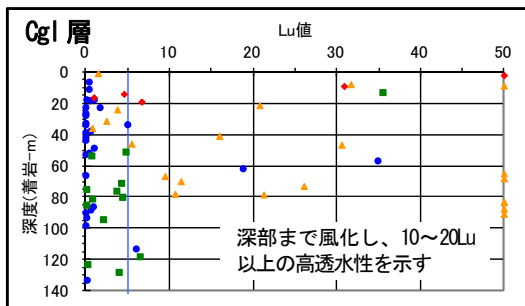
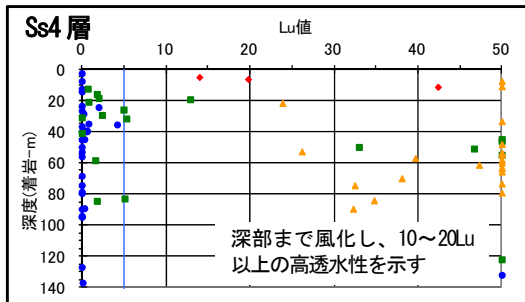


図-8 地層の透水性

・ Ss4層は、深部の一部において10~20Lu以上の高透水性を示すことを新たに確認した。しかし、高透水性を示す箇所は、遮水層のAlt2層の下位に位置して、遮水層が水みちを遮断するとともに、高透水部は地山奥深部に限られるため、漏水経路とならないと判断した(図-7)。

6. 止水ラインおよび改良範囲の設定

(1) 止水ラインおよび改良範囲の設定

ダム軸の下流側ではAlt2層が浅部に分布するため、止水ラインを下流側に折り曲げることにより、Alt2層に近づけ改良範囲を少なくすることとした。(図-9 ~ 図-11)。

改良範囲は、リム奥行き方向はAlt2層とサーチャージ水位の交点まで、深度方向はAlt2層の下端までとして、漏水経路を確実に遮断することとした。

その結果、当初のダム軸上の止水ラインと比較して、改良範囲を1/2程度にまで抑えられる計画となった(図-11)。

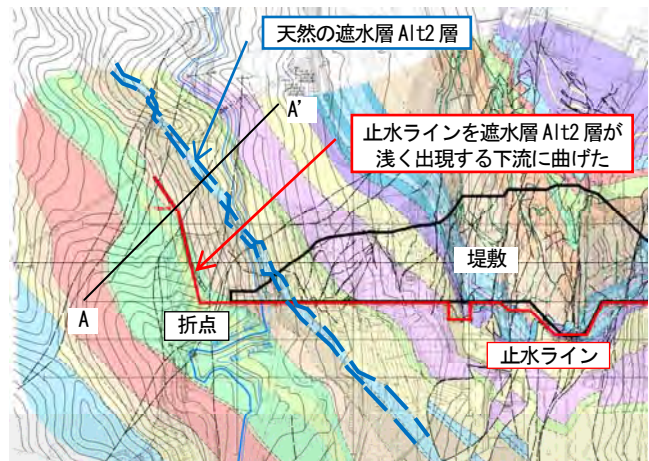


図-9 下流曲げ軸止水ライン位置図

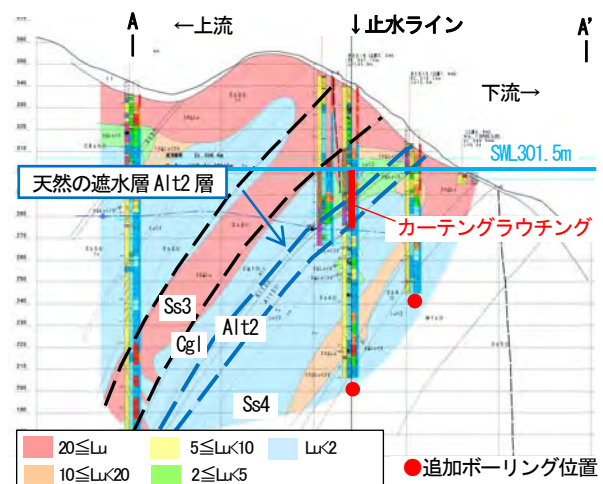


図-10 止水ライン直交方向ルジオンマップ(A-A')

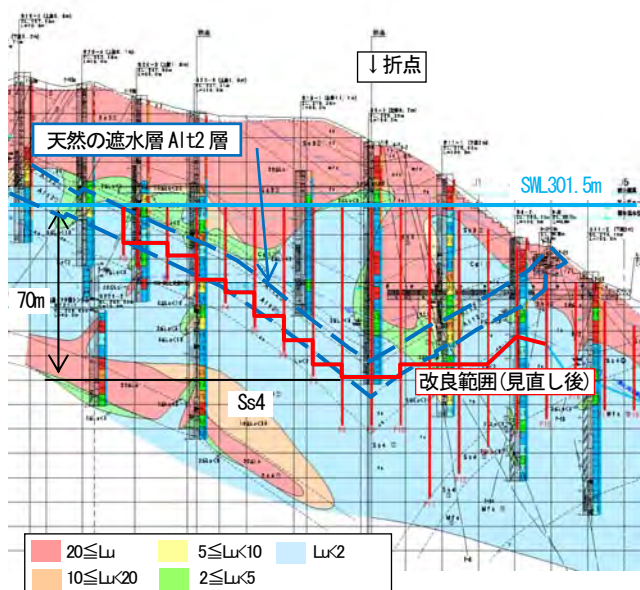


図-11 改良範囲計画図(見直し後)

(2) 水理地質構造の前提条件検証

止水ラインは、下流側に極端に折り曲げており、一般的なダム止水ラインと大きく異なる。このため、堤敷面掘削、リムトンネル掘削、パイロット孔において、以下に示した改良範囲設定に関わる水理地質構造の前提条件を検証することとした。

- ・ Alt2層が2~5Luの難透水性を示す。
- ・ Alt2層の遮水層を切る高透水性の断層が出現しない。

7. 施工時の水理地質構造検証結果

(1) Alt2層の透水性

パイロット孔においてAlt2層は全て5Lu以下の難透水性を示すことを確認した。また、基礎掘削後のダム堤敷面において、Alt2層は亀裂のほとんどない水密性の高い岩盤であることを確認した。(写真-2)



堤敷面の Alt2 層は、亀裂のほとんどない新鮮な岩盤からなることを確認した。

写真-2 遮水層Alt2層堤敷面写真

(2) Alt2層を横切る断層

施工前の想定と異なり、リムトンネル掘削において、亀裂が発達して漏水経路となる恐れのあるf-9a断層を確認した(写真-3)。しかし、周辺のパイロット孔およびカーテングラウチング1次孔において、Alt2層は5Lu以下の難透水性を示し、かつ、Alt2層では断層が小規模化することを確認した。ただし、止水ラインの下流側の地下水位を観測して改良効果を確認することとした(図-12)。



左岸リムトンネルに風化により褐色化し、亀裂の発達したf-9a断層が出現した(赤破線より左側)。

写真-3 左岸リムトンネルに出現したf-9a断層

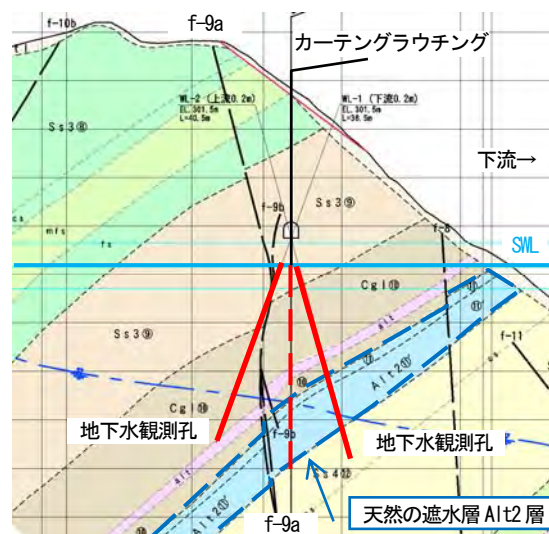


図-12 f-9a断層周辺の試験湛水時の地下水観測孔(カーテングラウチング直交断面)



写真4 夕張シューパロダムと左岸リム部

8. まとめ

調査時に確認していた左岸部の高透水部は、ダム軸上では、深度100m以上、リム奥行き100m以上にまで広範囲に分布するため、改良範囲が大規模となり、さらに、漏水経路が残置されることが懸念された。

追加調査および詳細な水理地質構造の検討を行った結果、高透水部の下位のAlt2層は2~5Luの難透水性を示し、ダムサイトに広く分布することから、Alt2層を天然の遮水層として活用しコスト削減を図った。

ダム軸の下流側ではAlt2層が浅部に分布するため、止水ラインは下流側に折り曲げることで改良範囲は、当初の1/2程度にまで抑えられた。

施工時には、Alt2層が2~5Luの難透水性を示して遮水層の機能を有していること、その他の大規模な漏水経路がないことをそれぞれ確認した。

本ダムは、平成26年3月から試験湛水を開始する計画であり、地山の地下水観測や湧水状況観察により、グラウチングの改良効果を検証する予定である。

謝辞： 本研究を遂行するにあたり、寒地土木研究所防災地質チーム、土木研究所地質監・地質チーム・水工構造物チームには、多大なご指導ご助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 財団法人国土技術研究センター(2003)：グラウチング技術指針・同解説
- 2) 財団法人国土技術研究センター(2006)：ルジオンテスト技術指針・同解説