

津軽ダムにおける地盤対策

加藤 孝・遠藤俊彦

1. はじめに

津軽ダムは、岩木川水系岩木川の青森県中津軽郡西目屋村に位置する重力式コンクリートダムである。昭和35年完成の目屋ダムの再開発事業として位置づけられており、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水の補給、水道用水及び工業用水の供給、発電を目的として建設され、平成28年10月に竣工した。津軽ダムでは、ダム本体のほか、図-1に示すように、脇ダムとして、木戸ヶ沢貯水池保全施設を建設しており、両ダムでは基礎地盤内に存在する低角度の弱層に関わる地質の対応が大きな検討課題となった。本レポートでは、津軽ダム並びに木戸ヶ沢貯水池保全施設を題材としてダム事業における地質地盤リスクの遭遇とその対策について報告する。

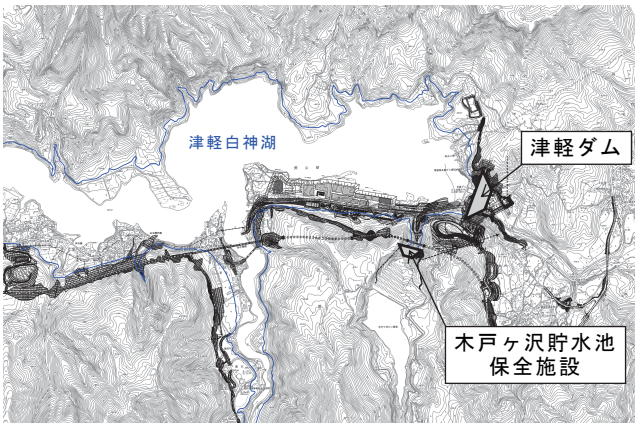


図-1 津軽ダム位置図

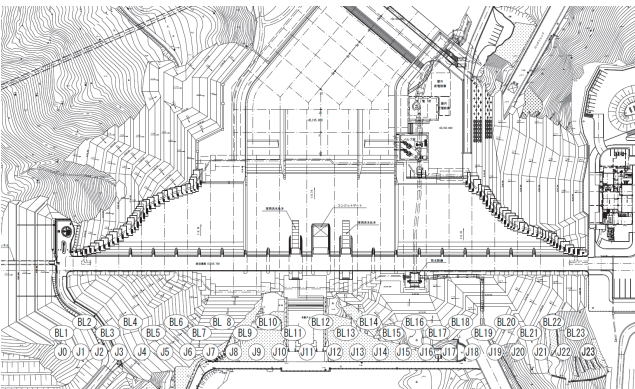


図-2 津軽ダム平面図

2. 津軽ダムの概要

2.1 津軽ダムの諸元

津軽ダムは、目屋ダムの約60m直下流に建設するダムである（図-2、表-1参照）。

表-1 津軽ダムの諸元

河川名	一級河川岩木川水系岩木川
貯水池	
流域面積	172.0 km ²
湛水面積	5.1 km ²
総貯水容量	140,900,000 m ³
ダム	
型式	重力式コンクリートダム
堤頂標高	EL276.7m
ダム高	97.2m
堤頂長	342.0m
堤頂幅	9.0m
堤体積	759,000 m ³

2.2 地質概要

津軽ダム本体の基礎岩盤は、新生代新第三紀中新世の火山岩と火山性堆積岩よりなる。河床部には安山岩熔岩と安山岩自破碎熔岩、左右両岸には火山礫凝灰岩と玄武岩、左岸上部には凝灰質泥岩と泥質火山礫凝灰岩が分布する。右岸に分布する玄武岩は、CM級以上の良好な岩盤である。

3. 地盤対策

3.1 津軽ダム基礎地盤

3.1.1 低角度弱層

コンクリートダムの設計では、水圧や地震力によって水平方向に大きな荷重が作用するため、ダム堤体の下流方向への滑動に対する安全性を確保（安全率=4.0以上）することが求められ、ダム堤体と基礎岩盤の接触面及び基礎岩盤内において、せん断力によるすべり破壊に対して安全である必要がある。したがって、基礎地盤内の水平に近い角度で分布する弱層は重力式コンクリートダムの力学的安定性上、特に留意しなければならない。

津軽ダムでは設計段階で堤体の安定性に影響を及ぼす弱層として、左右岸ともに低角度割れ目が存在すると想定していた。

右岸低角度割れ目は、施工時に設計段階の想定どおりの分布・性状を基礎掘削後の掘削面で確認した。基礎掘削面において確認された右岸低角度

割れ目は、硬質粘土、礫質粘土により構成されていて、強度の低い硬質粘土が連続していることが確認できた(写真-1 参照)。

低角度割れ目周辺の岩級分布についても設計時の想定と同じであった。右岸低角度弱層の強度は、硬質粘土、礫質粘土、破碎部の各区分毎に設定している。なお、堤敷外下流側の低角度割れ目の分布・性状については調査ボーリングにより、下流側には破碎部が分布することを確認している。右岸低角度割れ目について、コンクリート置換により、堤体の安定性を確保した(図-3 参照)。

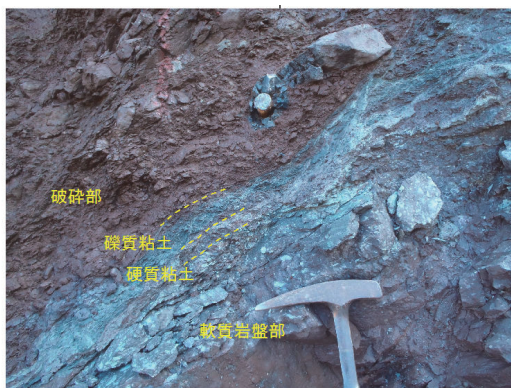


写真-1 掘削面における右岸低角度割れ目

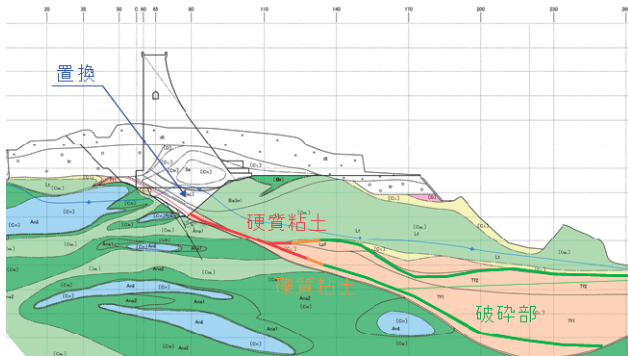


図-3 基礎掘削時の右岸低角度弱層の分布と置換範囲(20BL)

左岸低角度割れ目は、掘削除去される想定であったが、施工時に基礎掘削面に低角度の劣化部を確認したため、追加掘削を行い、調査ボーリング等を実施して、新たに「左岸低角度弱層A」、「左岸低角度弱層B」を再定義した(図-4参照)。

左岸低角度弱層の詳細スケッチ、針貫入試験および不攪乱試料採取による一面せん断試験により、強度設定を行った。

左岸低角度弱層の安定計算は、以下の考え方に基づき、図-5 に示すケースについて検討を行った。左岸低角度弱層 A は、ダム軸付近に分布する弱層であり、分岐・収斂を繰り返し、起伏に富ん

だ弱層であり、側方への性状変化が著しい。左岸低角度弱層 A の強度は、最も強度が小さくなる経路(仮想せん断面)の合成強度で強度を設定した。

左岸低角度弱層 B は、ダム軸より 60m 以上下流側に分布しており、厚さ 0.5~3 cm の硬質粘土が連続している。左岸低角度弱層 B の強度は、硬質粘土の不攪乱試料採取による一面せん断試験の結果により設定した。

安定計算を行った結果、BL7については弱層沿いの安全率が必要安全率4.0を満足しない結果となったため、低角度弱層を掘削除去し、コンクリート置き換えを行い堤体の安定性を確保した(図-6参照)。

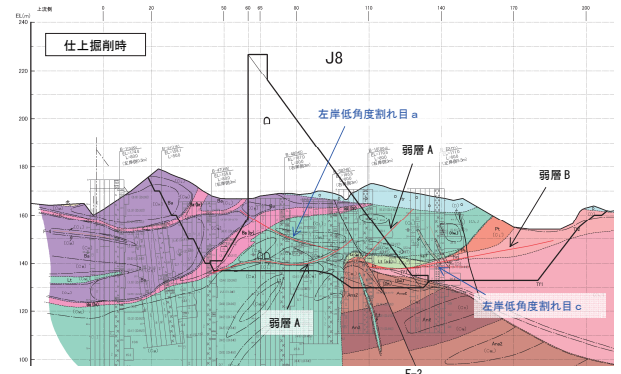


図-4 基礎掘削時の左岸低角度弱層の分布(9BL)

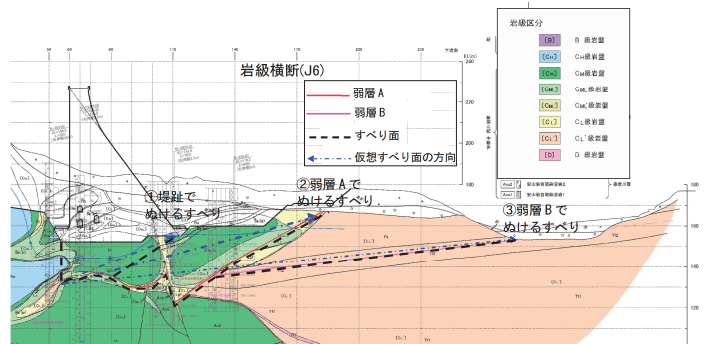


図-5 左岸低角度弱層の安定計算モデル(7BL)

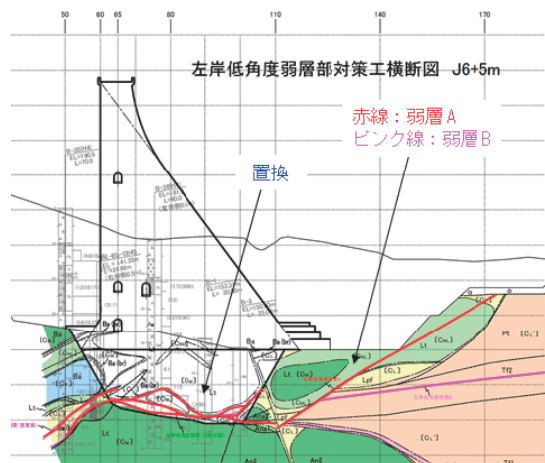


図-6 左岸部置換(7BL)

3.1.2 基礎処理

一般的にコンクリートダムのグラウチングは、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施工される。前者はダム着岩部付近の遮水性を改良するほか、基礎地盤の弱部補強を目的とし、改良する深度は5m程度である。後者はダムの基礎地盤やリム部（袖部分）深部の遮水性を改良するもので、改良する深度は概ねダム高程度までである。

津軽ダムの基礎処理は、堤体基礎浅部の遮水性を改良する「遮水性改良コンソリデーショングラウチング」、断層、弱層などの弱部を補強する「弱部補強コンソリデーショングラウチング」、貯水池外への水みちの恐れのある高透水部を改良する「カーテングラウチング」を実施した。

近年の先例ダムにおいて、初期湛水時に基礎排水孔、継目排水孔の漏水量増加がみられており、試験湛水後に漏水対策グラウチングを実施することも生じている。

津軽ダムでは、先例ダムにおける漏水発生状況や要因を参考とし、以下に着目したコンソリデーショングラウチングを計画した（図-7参照）。

- ①堤敷上流側の遮水性改良コンソリデーショングラウチングは、基礎排水孔を完全に包括するとともに、作用水頭に応じた施工範囲を計画した。
- ②上下流に連続する規模の大きい断層・弱層、強度評価の劣る岩盤が広がる範囲は、弱部補強コンソリデーショングラウチングの対象とした。
- ③基礎岩盤から堤体に直接的に漏水が流入する継目排水孔（横継目）、基礎排水孔、止水板着岩部は、浸透経路を確実に遮断する。
- ④基礎岩盤において、漏水要因となり得る透水性割れ目（褐色割れ目、方解石脈、開口割れ目、湧水箇所）の分布を地盤検査時に記録し、グラウチング施工時の基礎資料とした。

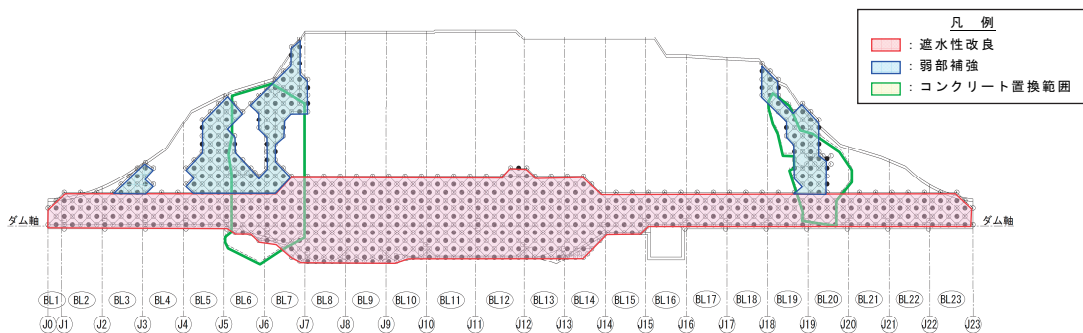


図-7 コンソリデーショングラウチング配置計画

コンソリデーショングラウチングの改良目標値は、遮水性改良範囲を5Lu以下（非超過率85%）、弱部補強範囲を10Lu以下（非超過率85%）とし、掘削面から垂直に5mまでを改良深度とした。グラウチング施工によって、次数の進行とともに透水性は明瞭に低減し、最終次数孔が改良目標値を満足し、適切な遮水性を満足した。

カーテングラウチングは冬期積雪等を考慮し、堤体通廊から配置した。改良目標値は着岩面からH/2（H:ダム高）までの浅部を2Lu以下（非超過率85%）、H/2以深を5Lu以下（非超過率85%）と設定した。また、左岸低角度弱層周辺部は、高透水、難改良性状を示し、貯水池から堤敷への直接的な水みちが懸念されたため、上流フーチング上から「上流補強カーテン」を配置して高透水範囲を取り囲み、貯水池からの水みちを遮断し、2枚のカーテンで左岸低角度弱層部の確実な遮水性を確保した（図-8参照）。

グラウチング施工によって、次数の進行とともに透水性は明瞭に低減し、最終次数孔が改良目標値を満足し、適切な遮水性を満足した。

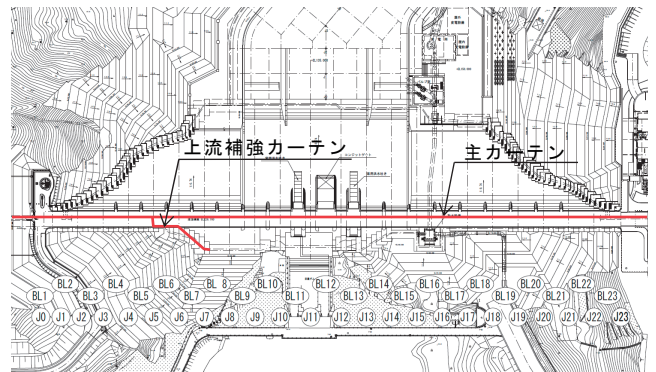


図-8 カーテングラウチング孔配置図

3.2 木戸ヶ沢貯水池保全施設基礎地盤

木戸ヶ沢貯水池保全施設は津軽ダムの湛水によって影響を受ける旧尾太鉦山の鉦滓かん止堤を貯水池から縁切りするための施設であり、堤高47.2m、堤体積 36,400m³ の重力式コンクリートダムである。

基礎地盤は、火山礫凝灰岩であり、津軽ダム本体に分布する火山礫凝灰岩と同じ地質層準で性状も類似している。

施工時に河床部から右岸にかけての基礎掘削面において、低角度割れ目に粘土を伴うゆるみゾーンが確認された(写真-2 参照)。

ゆるみ部の性状を評価するため、ゆるみ判定基準を作成し、非ゆるみ、ゆるみ影響ゾーン、ゆるみに区分した(図-9 参照)。

ゆるみ部は、開口割れ目が存在するため、岩級区分基準は適用できないものと判断し、強度は、河床部において最も長く連続する開口割れ目のせん断強度を性状ごとの合成強度により算定した。

ゆるみ部のうち、顕著な開口部は掘削除去したが、除去が困難であった深部のゆるみやゆるみ影響ゾーンを残置した場合の安定性照査を行い、滑動安全率が4.0以上を確保できることを確認し、堤体の安定性に問題がないと判断した。また、残置したゆるみゾーンは、ボアホールスキャナ等により分布・性状を確認するとともにグラウチングによる改良を行い、10Lu未満に改良した。

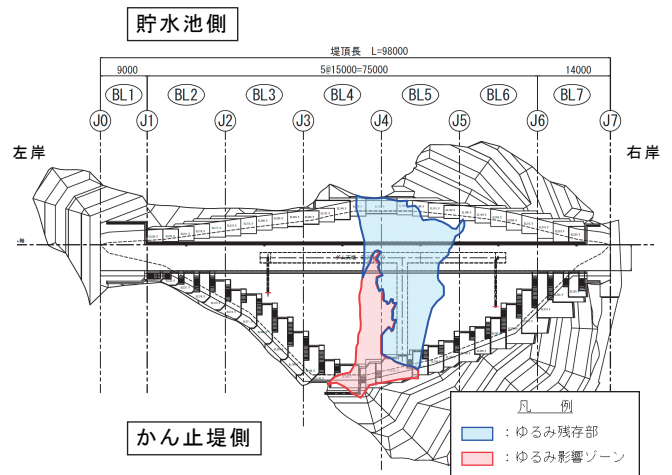


図-9 ゆるみ区分(木戸ヶ沢貯水池保全施設)

4. 試験湛水における計測結果

津軽ダム、木戸ヶ沢貯水池保全施設における、試験湛水時の漏水量・変形量・揚圧力などの挙動計測結果は特に大きな問題はなく、貯水位と連動した安定した挙動を示した。

5. まとめ

津軽ダムで確認された右岸低角度割れ目および左岸低角度弱層については、コンクリート置き換えのほか、入念なグラウチングを行い、木戸ヶ沢貯水池保全施設では顕著な開口部を掘削除去した。試験湛水時における漏水量、変形量、揚圧力については大きな問題は発生せず安定した挙動を示した。以上より、堤体の安定性は確保されていると判断しているが、今後とも計測データを注視していくものである。

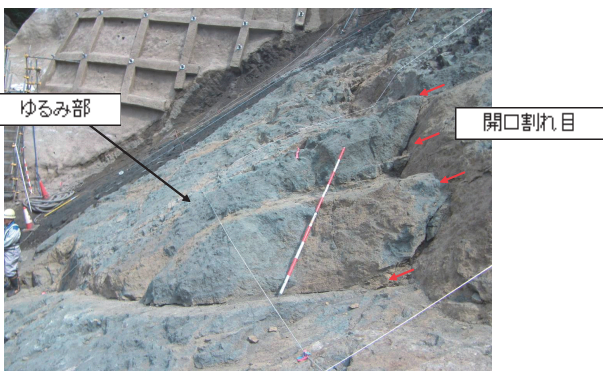


写真-2 右岸部ゆるみゾーン 顕著な開口割れ目(除去前)

加藤 孝



国土交通省東北地方整備局
津軽ダム工事事務所副所長
Takashi KATO

遠藤俊彦



国土交通省東北地方整備局
津軽ダム工事事務所 調査
設計課長
Toshihiko ENDO