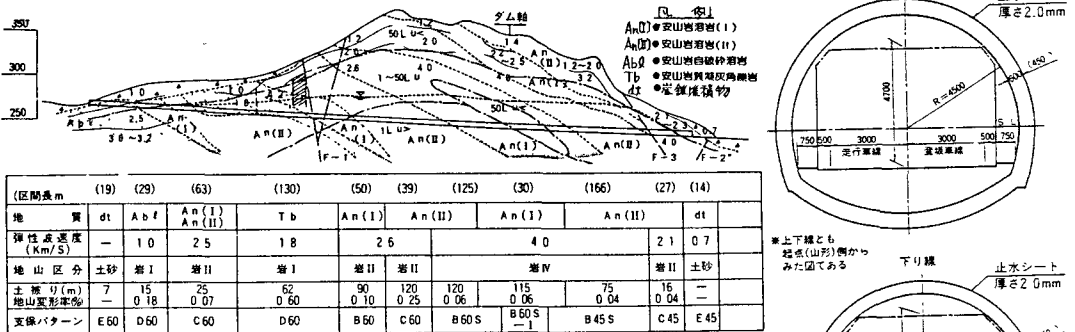


東北地建 月山ダム工事事務所 正会員 ○ 原田 彪
寺館和夫

1. はじめに

月山ダム建設に伴い水没する一般国道112号の付替工事において、NATM施工による上下線分離トンネルが計画され、現在施工中である。このトンネルの計画高はダムの最高水位より低いため、完全水密耐水圧トンネルとして設計されており、設計施工において新しい試みがなされている。本報告はNATMによるウォータータイトトンネルの設計施工、並びに今後の課題について報告するものである。



図一 地質断面図(下り線)

2. トンネル設計の概要

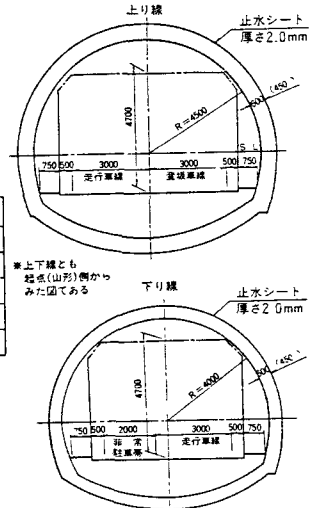
トンネルは一級河川赤川水系梵字川右岸に沿って計画され、全体として偏圧地形となっている。地質については崖錐堆積層を除き安山岩溶岩、安山岩自融砕溶岩、安山岩質凝灰角礫岩、安山岩質凝灰岩で構成されている。

道路規格は3種3級であるが、縦断勾配5%、半径460mのカーブになるため、安全、維持管理面を考慮して双設トンネルとした。上り線は延長881mで走行車線と登坂車線を有し、下り線は延長757mで走行車線と非常駐車帯を有している。工法は、地山の緩みを極力抑えること、漏水対策上からNATMを採用した。

トンネル断面については経済性、施工性を考慮し、上記断面形状としており、解析は、準3次元モデルのFEM解析により支保パターンの分類を決めた。又、地下水圧、双設トンネルによって生じる荷重、変質帯におけるモンモリナイトの水膨潤による土圧、ダム載荷による荷重を考慮して設計しているため、一部に鋼繊維コンクリート(SFRC)を使用し、ダム軸より上流は巻厚60cm、下流は45cmの無筋コンクリートとしている。

3. 漏水対策

トンネルの特徴として、完全水密水圧トンネル(非ドレーン)であるためトンネル内の漏水対策として厚さ2.0m/mのシグナル防水シートと3.5m/mの不織布のアイソレーションを1次覆工と2次覆工の間にインパートを含めて全周、全延長施工している。又、漏水の下流への浸透を防ぐため、地下縦断排水はダム軸上流には設けず、下流のみの設計とし、ダム軸上では防水シートの施工前に低圧のコンソリデーショングラウトを行っている。グラウト範囲は総延長18mでダム軸をはさんで6mは周辺10mを、その前後6mは周辺5mまで注入することとし、1次注入は3kg/cm以下、2次注入は5kg/cm以下で行っている。そのため、注入圧力による1次覆工の破損防止のため、厚さ30cmの仮覆工をダム軸をはさんで28m区間施工している。また、コンソリ施工範囲外のトンネル周辺からの浸透水を減じるために、ダム軸上に実施する高圧カーテングラウト施工範囲をトンネル部まで延長し、2次覆工施工後注入することになっている。



() 内はダム軸下流部の設計値

図二 トンネル標準断面図

4. 施工状況

トンネル坑口は側壁導坑先進工法とし、偏圧防止、切羽の安全を考慮しつつ上半先進ベンチカット工法に移行した。発破は周辺地山を出来るだけ緩めず、余掘を少なくするためSB工法（Smooth Blasting）を採用し、削孔パターンの形状について試験施工を行い、検討を重ねた。

トンネルの全周に防水シートを施工するため、吹付コンクリートの表面はできるだけ平たんに仕上げる必要があり、凹凸の大きい箇所については、シート施工前に不陸の整正が必要となり、凹凸量 $d/l \leq 1/6$ を満足するように、綿密な施工管理が要求されている。又、インバート掘削面については、コンクリート吹付及び均コンクリートでもって施工し、ロックボルト頭の突出したものはガス切断し、シートの破損がないように仕上げている。

止水シートの施工は、目視による吹付面の観察後、凹凸の大きい箇所については修正吹付をし、コンクリート釘で不織布を留め、シートを不織布に溶着させる。シートの結合部はダブル溶着とし、溶着間に検査孔を作り、エアーを注入して溶着部の検査をしている。今後、融雪水による氷柱防止対策等を考え、明り巻きについても全区間施工を考えている。

アーチのクラン部の空隙を充填するための裏込注入については、アーチ部に埋こんであるパイプに、止水シート破損防止の特殊バルブを取付け、エアーミルクを注入する。注入圧力は、覆工コンクリートと防水シートの間であることからできるだけ低圧とし、注入圧 $0.5 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$ を基準としている。

5. 計測及び解析

このトンネルでは、日常の施工管理を目的としたA計測、設計へのフィードバックを目的とするB計測を行っており、計測結果に基づいて、トンネル対策工法の検討は元よりダム湛水後の影響を考慮した解析を行っている。

B計測箇所は坑口断面、ダム軸断面、変質帯断面の3点について行っており、設計時に採用した地山の弾性係数と逆解析によるものを比較し、支保パターンの妥当性を検討した。

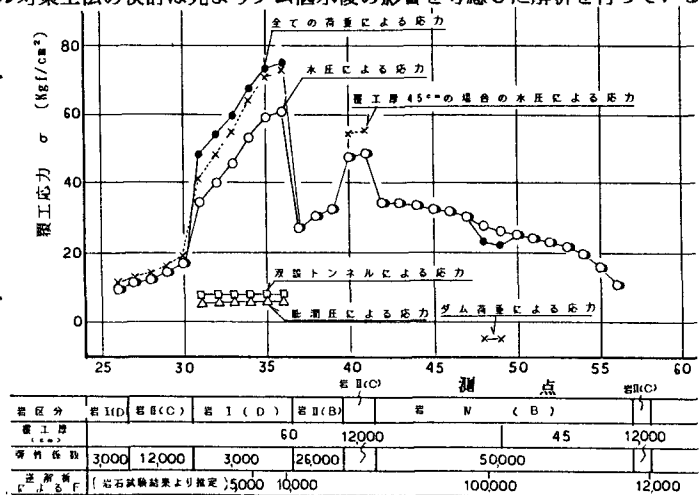
坑口断面については、偏圧の影響を受けることが予想され、適切な坑口対策の検討、又、ダム軸断面については、ダム湛水後の遮水ゾーンとして重要な区間であり、道路使用後の維持管理上の情報を収集することも大きな目的とした。解析結果より設計に用いた地山物性は妥当であることを示した。

変質帯断面は、膨潤性のモンモリナ

イトを含む地質であり、SFRCの検討が重要な課題である。解析結果より地山弾性係数は $5,000 \text{ kgf/cm}^2$ と推定され、SFRCの必要性が示されたが、今後、岩石試験、掘削状況を考慮したSFRC施工区間の検討が必要となっている。又、上下線の施工において巻立と掘削が同時期となるため、双設の影響を検討する必要がある。なお、覆工内応力については図で示す。

8. 今後の課題

現在、トンネル工事は上り線は掘削中、下り線はコンクリート巻立と止水シートの施工を行っている。掘削巻立時点の問題点として、止水シートの施工に際しての修正吹付の施工基準、シート施工及び補修についての検討、SFRC施工区間についての妥当性、吹付コンクリートの施工システム改善、計測の解析手法等の残された課題も多い。今後、工事の進歩に伴い、多くの施工対策が必要となると思われる。今後の成果については、機会あれば順次報告していきたいと考えている。



図一三 覆工内の応力総括図