

北海道開発局 正員 ○田中 秀幸 藤田 茂男
(株) 竹中土木 堀米 汎二 正員 山田 和男

1. まえがき

定山溪ダム道道付替え6号トンネルは上部半断面先進工法で施工中であるが、6k610m付近(付替起点からの距離)において強風化泥岩層に遭遇した。地質調査データに基づく検討の結果、支保工・覆工の沈下、切羽・天端の崩壊等の生じる危険性があったため、各種対策工法について施工性、経済性の面から比較検討を行ない、対策工法を決定した。数値解析及びその他の施工実績などから管理基準値を設定し、計測を併用した施工管理を実施し、その結果を次工程に反映させ、施工を行なった。本報告は、検討から施工管理に至る内容についての報告である。

2. 地質状況

当初、上半先進ロングベンチカットの発破工法で施工を行っていたが、起点から6k610m付近の切羽に粘性土が現われ、切羽の自立性が失われてきた。更に湧水を伴ない、切羽の崩壊、支保工の沈下現象が現われたため、一時切羽を止めて水平ボーリングによる前方の地質調査を実施した。それとともに現位置でのL.L.T試験による下半の調査を行なった(図-1)。この結果によれば切羽前方23m間が強風化した泥岩層で構成されている事と、地盤の強度不足が判明した。

3. 施工上の問題点

風化泥岩層の施工に当たっての主要な問題点として(1)施工時の安全性と、(2)上半覆工コンクリートの沈下が考えられた。このため各施工段階では表-1に示すような問題点とそれに対する対策についての検討を行なう必要があった。

4. 上半の対策方法及び施工結果

上半施工段階での問題点についての検討に基づき、ゆるみ域の低減と支保工足元荷重を分散させるために表-2及び図-2に示すような対策工法を計画した。又、No.106区間において図-2に示す位置で鋼製支保工ひずみ測定、ロックボルト軸力測定と支保工の沈下測定等の計測を実施し、施工管理を行なった。計測結果を図-3、4に示す。上半掘進によるゆるみ土圧の増大とともに支保工に沈下が生じ始めた。また支保

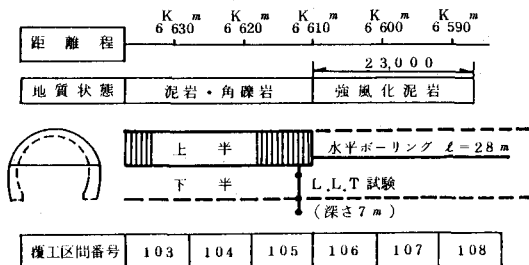


図-1 地質状況及び土質調査位置

表-1 施工上の問題点

施工フェーズ	問題点	対策検討項目
上半	切羽崩壊	ゆるみ域の拡大 → ゆるみ土圧の増大 → ゆるみ域の低減 ①
	安全性	切羽崩壊防止 ②
下半	支持力不足	支保工沈下 → 荷重の分散 ③
	側壁の押出し	上半覆工コンクリートの沈下防止 ④
		側壁コンクリートの押出し防止 ⑤

表-2 上半の対策検討フロー

検討項目	対策検討		対策工法
	対策案	電算解析及び検討	
① ゆるみ域の低減	ロックボルト薬注	状況比較検討 掘削工法・地盤性・地盤状況 RBSM解析 ロックボルト施工時のゆるみ域の推定	ロックボルト
③ 支持力の増加	掘削板ウォールプレート	足元荷重推定 支持力検討 土質調査結果から人力定数設定	ウォールプレート掘削機コンクリートウォール・ムーム
② 崩壊防止	掘削ロックボルト鉄矢木鋼製付コンクリート掘削ロックボルトリングカット薬注	状況比較検討・掘削機・地盤状況 FEM解析 掘削ロックボルトの効果の検討	掘削地 ロックボルト

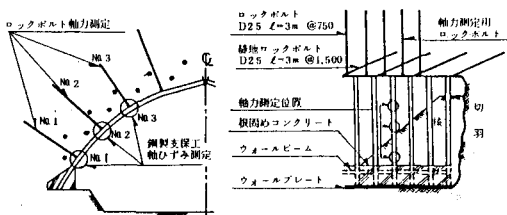


図-2 上半対策工法及び計測位置

工軸力 (No.1) が増大し、この値から接地圧が地盤の許容支持力 (3.8.2 t) を超えることと沈下の増大が予想された。このため根固めコンクリートを打設したところ沈下はストップした。根固めコンクリート打設後も支保工応力は増加する傾向にあり、掘進を継続すれば許容値 (2,100kg/cm²) を超える可能性もあったため、1.2 m の掘進完了後、1 スパン分 (9 m) の覆工コンクリートを打設した。図-4 はロックボルトの最大軸力の経時変化を示す。これによると 5~8 t の軸力が作用し、軸力の発生状況からロックボルトは有効に作用しているものと判断できた。

5. 下半の対策方法及び施工結果

下半の施工段階での問題点についての検討と上半施工時のデータに基づく対策立案のフローを表-3 に示す。RBSM による解析結果に基づき大背掘削巾を減少させ、上半足元の地耐力の低下を防ぐことにした。さらに、上半覆工コンクリートの沈下防止としてH鋼と油圧ジャッキを用いた「中央部仮受け方式」を採用することにした (図-5)。No.105 区間において図-5 に示す位置で上半覆工コンクリート応力測定を実施し、内空変位測定、沈下測定と合わせて油圧ジャッキの圧力管理を行なった。間抜き施工時の仮受け反力は1ヶ所当り180~360 t 程度 (設計値=480 t) であった。図-6 は中央部仮受け方式による間抜き施工時の上半覆工コンクリートに生じた応力を示す、両側・両端の側壁施工に伴って多少の変動は生じているものの最大応力値は20kg/cm² 程度であり、上半覆工コンクリートへの影響を最少限におさえることができたものとする。又インバート施工にあたっては、安全側に考えた鋼管ストラットを設置し、側壁の内空への押し出しを防いだ。

6. あとがき

強風化泥岩層でのトンネル施工において上半覆工コンクリートの沈下が懸念された。これを制御するための検討から各種解析と対策工法の立案及び計測に基づく施工管理によって施工時の安全性を確保し、施工開始から施工完了に至るまでの沈下量は目標とした5.0 mm 内におさめることができた。特に本工事で採用した (1)上半施工におけるロックボルト、(2)下半施工における①初期掘削面積を小さくおさえ、掘削後ただちに仮受けを行なったこと、②油圧ジャッキにより沈下を制御しながら上半覆工コンクリートからの荷重を分割して基礎地盤に伝達する方法を採用したこと、が有効であったと考える。最後に、多くの御指導、御助言をいただいた北海道開発コンサルタント(株) に対し謝意を表します。

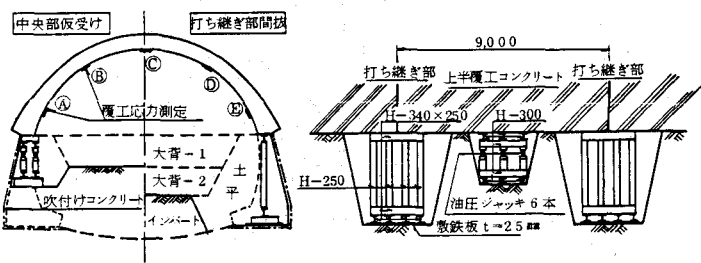


図-5 中央部仮受け方式及び計測位置

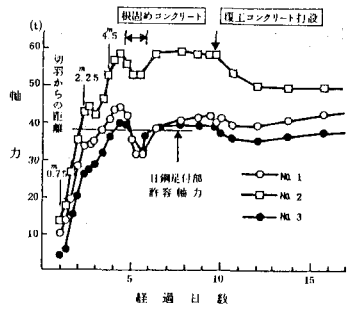


図-3 鋼製支保工軸力

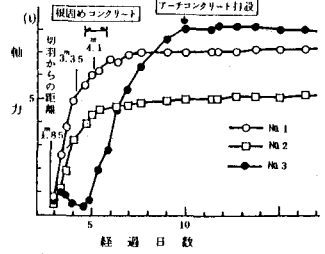


図-4 ロックボルト軸力

表-3 下半の対策検討フロー

検討項目	対策検討			対策工法
	対策案	電算解析及び検討		
① 上半覆工コンクリートの沈下防止	全面仮受け 部分仮受け 注 大背掘削巾の減少 土平ロックボルト 吹付けコンクリート	RBSM解析 3次元シェル要素解析 覆工応力検討	アーチコンクリート足元軸力推定	大背掘削巾の減少 中央部日鋼油圧ジャッキ仮受け方式 吹付けコンクリート
			上半計測結果 比較検討(地質状況、経路性、施工性)	
側壁コンクリートの押し出し防止 ⑤		下半施工後の内空変位測定で変位があれば対策実施		インバートフラット

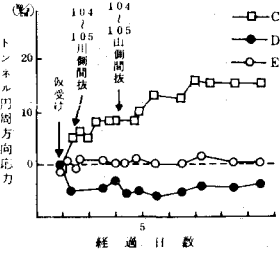


図-6 上半覆工応力