

VI-76

地山条件と切羽周辺挙動との関係

— J R 東日本信濃川水力発電新導水路トンネル —

(財) 鉄道総合技術研究所地質・防災研究室 (正) 木谷日出男

東日本旅客鉄道(株) 信濃川工事事務所 見波 旭

(株) ダイコンサルタント 魚住 誠司

1. はじめに

本報告では、J R 東日本信濃川工事事務所で施工された信濃川水力発電再開発工事に伴う総延長26.6kmの導水路トンネル(第一水路トンネル7.8km, 第二水路トンネル18.8km)のうち、NATMで施工された23.5kmのトンネル部で行ったA計測(内空変位量測定, 切羽観察等)の結果を基に、特に地山条件と切羽周辺挙動との関係について検討した結果について述べるものである。

2. 地山条件

トンネル周辺の地形は信濃川によって形成された段丘面とその背後の丘陵からなり、トンネルはその境界付近に施工された。トンネルの土被りは20~160m(平均75m)である。

トンネル周辺の地質は第四紀洪積世前期の魚沼層群小国層と呼ばれる低~未固結の砂岩、礫岩、シルト岩および凝灰岩が互層状に累重する岩相変化に富んだ地層からなる。施工中に実施した試料試験結果のうち、図1に各地質の一軸圧縮強度を示す。その平均強度は、全試料試験の平均で29kgf/cm²程度である。

3. 地山条件による支保設計の考え方

(1) 施工中の支保設計の考え方

現場での支保部材の適合性の評価について、計画時の調査結果、あるいは施工初期の実績分析結果を検討し、以下のようにトンネルの当初設計、施工管理に当たった。

①地山強度比 G_n について $G_n = 2$ を支保設計上の1基準とした当初設計を行った¹⁾。

②図2に示す掘削直後の初期変位量から予測した収束変位量を併せた内空変位量と支保部材の変状を評価基準として施工当初から施工管理を行った²⁾。

③初期の施工実績から周辺地山の限界ひずみ量を1%とし変位量の管理を行った。

(2) 施工実績からみた支保設計の検討

表1に本トンネルで適用した支保パターンを整理し、国鉄NATM設計施工指針(案)にそって各基本設計との比較を行った結果を示す。また、図3はシルト質岩と砂質岩について各計測点での上半水平収束変位量、土被り厚と支保の変状発生との関係を適用支保パターンごとに示した結果である。なお変位量については掘削断面が第一・第二水路トンネルで異なるため、収束変位量を掘削断面幅で除して正規化した値(変位率)で示した。この結果から以下の点がわかる。

①両地山条件とも支保の変状は土被りが90m以上、変位率1%以上で発生している。

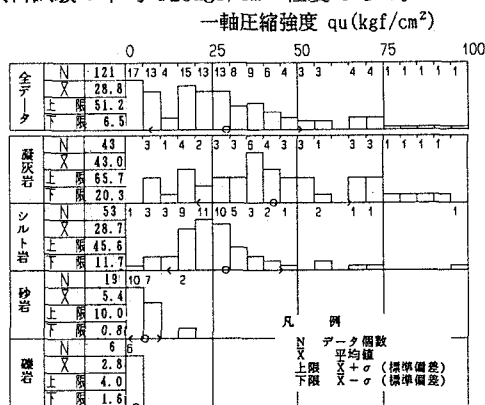


図1 地質別一軸圧縮強度(坑内試料試験)

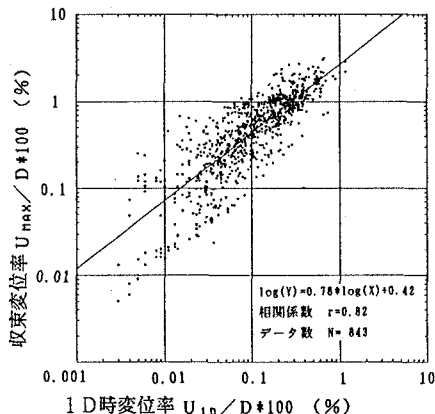


図2 収束変位率と1D時変位率の相関分析

②各支保パターンについて見ると、概ね変位量の増大に伴い重い支保パターンを採用した設計としていることが認められるものの、両地質条件とも各パターンで変位率1%を越えると変状の発生が顕著となり、変位量も大きくなる。

③両地質条件で大きな傾向の違いは認められないが、シルト質岩は最大変位率が約3%と大きい。

この結果のうち、土被り90mは本地山の平均単位体積重量 $\gamma=1.8\text{g/cm}^3$ 、平均一軸圧縮強度 $q_u=29\text{kgf/cm}^2$ から地山強度比は $G_n=1.7$ となり、当初設計の考え方に比べ若干小さい値となっている。また、一軸圧縮強度が大きく異なる砂質岩とシルト岩で、図に見られるように施工実績に伴う変位挙動が類似することを考慮すると、特に砂質試料について一軸圧縮強度試験結果を用いた地山強度比での評価法に問題があることがうかがえる。これは主に互層状を呈する地山条件の場合には、砂層の一軸圧縮強度を単独で評価するのではなく、泥質試料試験値と合わせ検討すべきであること、あるいは砂質試料の強度試験の評価法について、地山強度比による検討に一要が必要であることを示していると考ええる。

また、軟岩地山では土被りがある程度以上になると、それ以下での傾向と異なる大きな変位の発生が顕著となることが篠ノ井線第一白坂トンネル、中央線塩嶺トンネル等で報告されている³⁾ほか。本事例でも90m以上で変位量が大きく、かつ変状の発生が著しいことが確認されており、今後の支保設計に当たり、変形挙動を考慮した土被り厚を重要な要素とすべきであることが確認された。

表1 施工パターン一覧表

支保パターン	信濃川水力発電新導水路トンネル						国鉄 NATM 設計施工 指針(案)との対比
	吹き付けコンクリート厚 cm	ロックボルト長さ	本数	鋼製支保工 上半	鋼製支保工 下半	ピッチ	
P-1	15	3.0	8~12	125H	-	1.20	Ⅱ _N
P-2	15	3.0	8~12	125H	125H	1.00	I _N
P-3	15	3.0	8~12	150H	150H	1.00	Ⅰ _S } Ⅰ _L }
P-4	15	4.0	8~12	150H	150H	0.90	
P-5	20	3.0	8~12	150H	150H	1.00	
P-6	20	4.0	8~12	150H	150H	0.90	
P-7	15~20	-	-	125H	125H	1.00	郡山 該当なし
P-8	15~20	-	-	150H	150H	0.90	

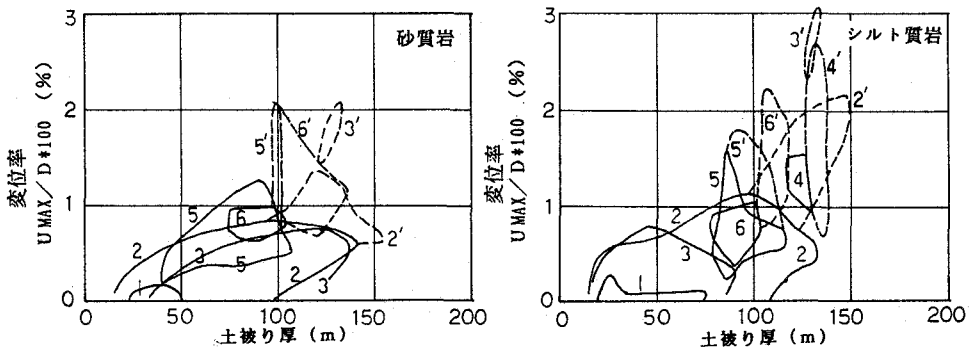


図3 支保パターンの適用条件(変位率, 土被り)

注) 図中の数字は表-1に示す支保パターンに対応し、実線部及び破線部は各適用領域を示す。このうち破線部(1'~6')は支保部材に吹き付けコンクリートの変形、鋼製支保工の座屈変形等の顕著な変状が発生した領域(全測点の11.8%)を示す。

4. おわりに

本トンネルは、同じ履歴を経た泥質岩、砂質岩等の堆積軟岩のNATMによるトンネル掘削上の問題を整理するための有効な資料を提供する事例と考える。ここに挙げた変位挙動を含めた切羽周辺の安定性や施工上の問題を、地質条件を併せて検討し、今後の同種の地山条件でのトンネル設計施工に資するべくさらに検討を進める予定である。

〔文献〕

- 1) 国鉄：NATM設計施工指針(案)，1983。
- 2) 木谷，他：信濃川水力再開発に伴う導水路トンネルの施工について，土木学会第43回年次講演会，1988。
- 3) 吉村，他：ロックボルトが破断 篠ノ井線第一白坂トンネル，トンネルと地下，vol.11，no.6，1983。