

φ5.0mTBM施工における地山予測と対策工の確立

田中 義晴*

Yoshiharu Tanaka

1. はじめに

第二東名・名神高速道路のトンネルは、扁平大断面であるため、地山を極力緩めないように掘削する必要があること、効率のかつ早期の掘削を行う必要があることなどの理由により、TBM（φ5.0m）による先進導坑を施工後、NATMによる上半先進工法にて本線断面に拡幅を行うことを基本としている。

栗東トンネル上り線西工事におけるTBM施工は、延長2,560mを約1年かけて無事貫通した。しかしながら、この間、様々な地質的トラブルに遭遇し、1~2ヶ月の間掘進不能となる事態が2回起きるなど、TBM施工には精度の良い地質性状の予測が非常に重要であることを実感した。本文では、各種地質調査を組み合わせた地山予測を行い、不良地山部分については予め注入式フォアパイリングで先受けをし切羽崩落を未然に防ぐといった1つの地山予測とその対策のシステムを確立し無事貫通したことについて述べる。

2. 切羽崩落と対策工

掘進当初から、事前地質調査結果（主に地表踏査と弾性波探査：屈折法による）と実際の地山状況の大きなくらいの違いに悩まされながら、約1,440m掘進した。しかしながら、この間、2回の大規模な切羽崩落に遭遇し、約3ヶ月間掘進不能という事態に遭った。崩落状況とその対策工を表-1に示す。

表-1 切羽崩落状況および対策工

崩落箇所	崩落状況	対策工
掘削距離：約20m	強風化を受けマサ化した断層破砕帯 切羽前方方向に約5m、 高さ方向に約6mの崩落	・調査ボーリングによる破砕帯の分布状況把握 ・エアモルタルによる空洞部の充填 ・超微粒子セメント薬液注入による破砕帯部の地山改良
掘削距離：約1440m	熱水変質および強風化を受けた断層破砕帯 切羽前方方向に約1m、 高さ方向に約5.5mの崩落	・TBMチャンセル内からフェイスカットおよびリキ注入による切羽の補強

*関西（支）栗東トンネル（出）

3. 地山全体地質性状の再調査

2回目の切羽崩落に遭遇したところで、事前地質調査結果と実際の地山状況とに大きな差があるため、既存の弾性波探査データを利用したトモグラフィ的解析と新たに比抵抗映像探査を行った。これら、再調査結果を図-1に示す。事前調査の結果と比較すると、低速度帯、低比抵抗帯の分布状況から詳細な地山性状が予測できた。事前調査で非常に硬質で均質な岩盤で構成されているという結果とは相反して、全体的に熱水変質を受けており花崗岩としてはさほど硬くないことがわかった。また、既掘削区間の地山状況と比較すると、断層破砕帯の幅は誤差があるが、位置的には概ね合致した結果である。

4. 高精度切羽前方予測とTBM掘進のシステム化

地山全体地質性状の再調査により、概ね精度良く地山性状が把握できたが、今後、予測される断層破砕帯部には、手前からフォアパイリングで先受けをし、切羽崩落を未然に防ぐことを考えると、数十センチメートル程度の高精度な位置・幅・風化の状態を検出しなければならない。そこで、現実性を増すためには目視による地山観察が一番良いと考え、先進ボーリング機によるノミ下がりやくり粉の情報に加え、ボアホールカメラによる削孔後の孔壁観察を行うこととした。これらの予測手法をシステム化するために、図-2に示すような流れを確立し、切羽崩落の危険性がある断層破砕帯については、手前5mで掘削を一時中断しウレタン注入式フォアパイリングを実施した。

実施工では、これら予測手法を適用し、合計3回のウレタン注入式フォアパイリングを実施して、切羽崩落を未然に防ぎ、無事貫通することが出来た。また、これら予測手法は、先進ボーリングを50m行うのに半日程度要するものの、ボアホールカメラによる孔壁観察は約30分程度で終了する。すなわち、測定時間も短いことに加え、何よりも直接的に地山が観察でき、その場で施工にフィードバックできることが非常に大きな利点であると考えられる。

5. おわりに

TBM施工をスムーズに行うためには、切羽の自立が大前提であり、断層破砕帯等の不良地山性状や分布状況の的確な予測は必要不可欠である。

当現場においても、前半、予期せぬ地質的トラブルに悩まされたわけであるが、後半はシステム化した高精度切羽前方予測手法とその対策工を実施することにより、切羽崩落もなくスムーズに掘進できた。

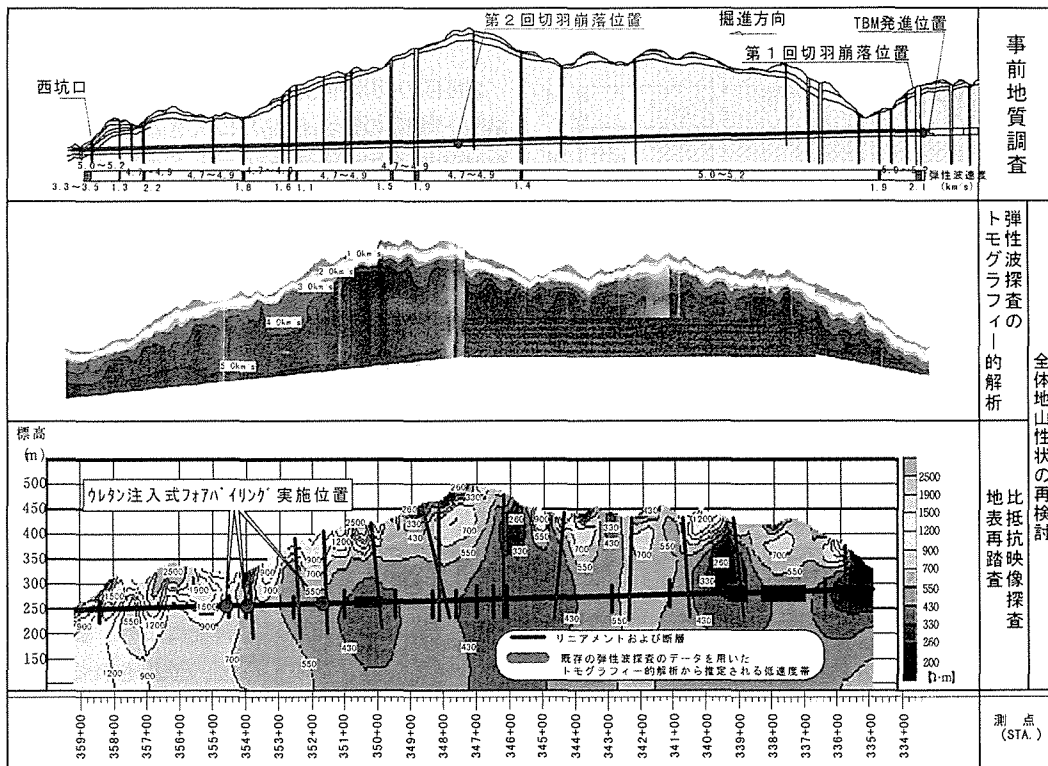


図-1 地山全体の再調査

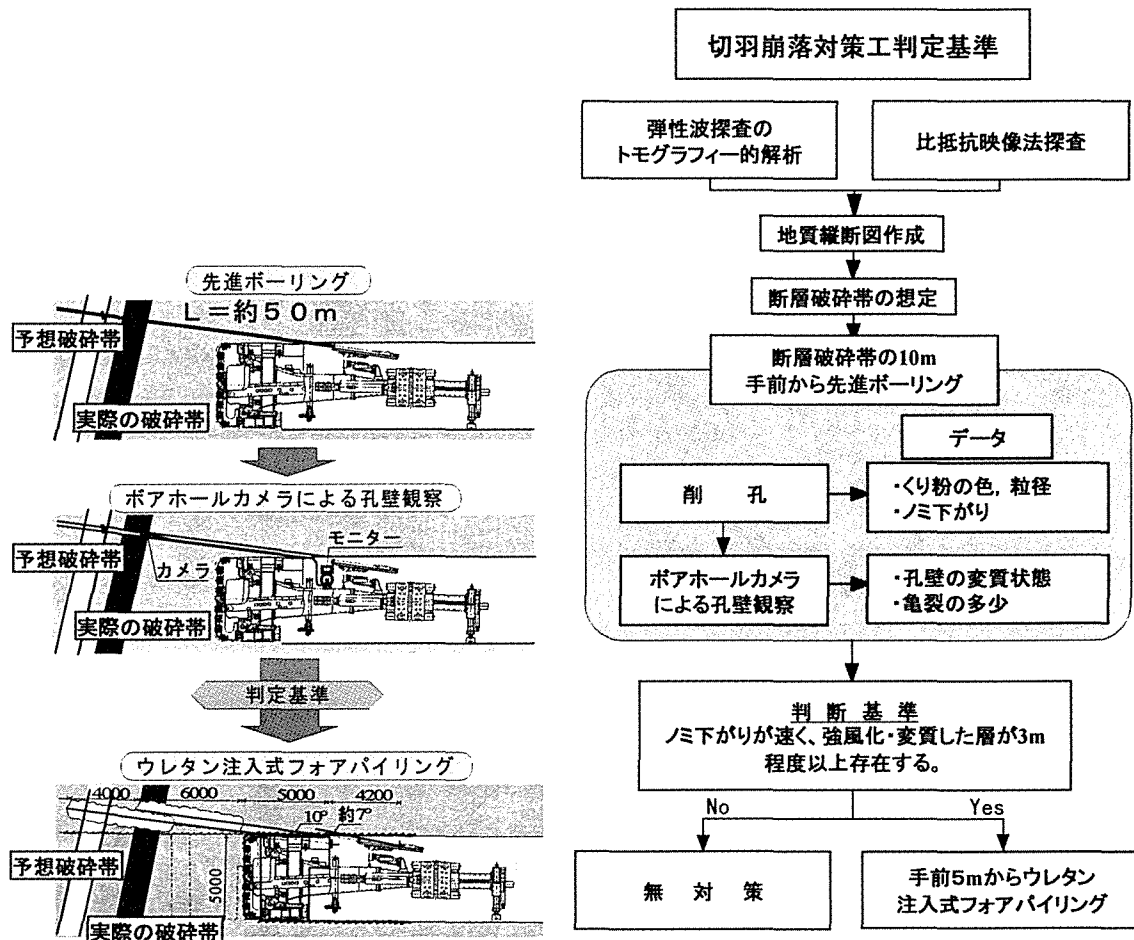


図-2 高精度切羽前方予測システム