

付加体地質におけるトンネル掘削の進め方

前田建設工業(株) 正会員 ○中野 綾太 正会員 松原 健
正会員 古澤 剛 正会員 浅井 秀明

1. はじめに

五台山トンネル工事は、高規格幹線道路高知東部自動車道「高知南国道路」のうち、高知観光名所である県立牧野植物園や四国霊山竹林寺を有する五台山を南北に貫く全長 700m の NATM 工法で掘削する工事である。

五台山周辺は、秩父帯の中・古生層が分布しており、南側数百 m に四十帯との地質境界断層である仏像構造線が東西に走る(写真1)。プレート運動に伴う付加体地質(図1)である秩父帯に属する本トンネルは、メランジュと呼ばれる複雑かつ変化に富む地質構造で、主として砂岩、粘板岩、チャート及びそれらの互層からなる。隣接する県道トンネルでは、不良地山の出現と大量湧水の発生に加えて硬質部に対して広範囲な発破掘削を行った実績を有する。設計時、弾性波探査の結果では、全線の4割以上となる334mがCH級地山であると想定された。近隣への影響を極力低減する為、大型自由断面掘削機 RH-10J-SS を採用した。この結果、実際に発破掘削を行った区間は、当初想定区間 334mの約1割となる36mまで縮小できた。本稿では、メランジュに対応した脆弱部(補助工法区間)・硬質部(発破区間)への対策として行った前方探査と、その結果について報告する。

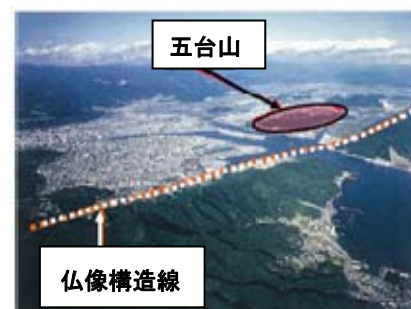


写真1 五台山と仏像構造線

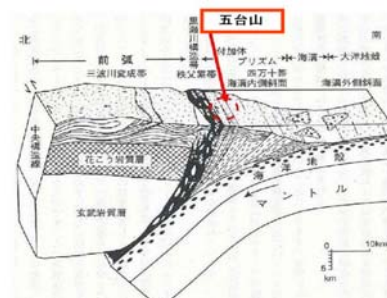


図1 付加体と五台山

2. 施工上の問題点

五台山トンネルは付加体地質の特徴を示す極めて不均質な地質構成を掘削するため、トンネル縦横断方向に目まぐるしく岩種岩相は変化することが想定される。写真2に切羽状況を示す。縦断方向だけではなく、横断方向にも異なる褶曲した地質となっており、単純に地質縦断図を基に掘削を進めるのは信頼性に欠ける状況であった。以上より適切な支保パターンの変更及び補助工法の可否をタイムリーに判断し、遅滞なく進めることが課題となった。

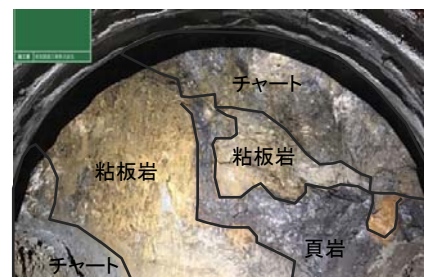


写真2 切羽状況(メランジュ)

大型掘削機械(RH-10J-SS)の導入により発破区間を当初想定区間の1割程度に縮小したが、極めて不均質な地質構成の中で発破区間を早期に特定し、発破による坑口及びトンネル直上の騒音・振動・低周波の予測と地元住民への協力依頼が必要となった。さらに、発破影響予測による時間制限・薬量制限等の制約条件を住民の声を聴きながら理解を求めて進めていく必要があった。

3. 対策

3.1 削孔検層による30m程度の打撃エネルギーによる予測

削孔検層は油圧式削岩機による岩盤の穿孔時において、各種作動油圧及び穿孔速度の変化などから、穿孔区間の地山性状を予測、評価する探査方法で、30m程度の区間を既存の機械(ドリルジャンボ)を用いて行う(写真3)。穿孔データを自動収録図示化(写真4)することにより、これまでの経験に頼った地山評価をより定量的かつ迅速に行うことが可能となる。施工が容易であり、タイムリーな支保パターン変更の判断材料となる。

キーワード NATM, 付加体, メランジュ, 前方探査, 削孔検層, TSP

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業(株) TEL 03-5276-5166

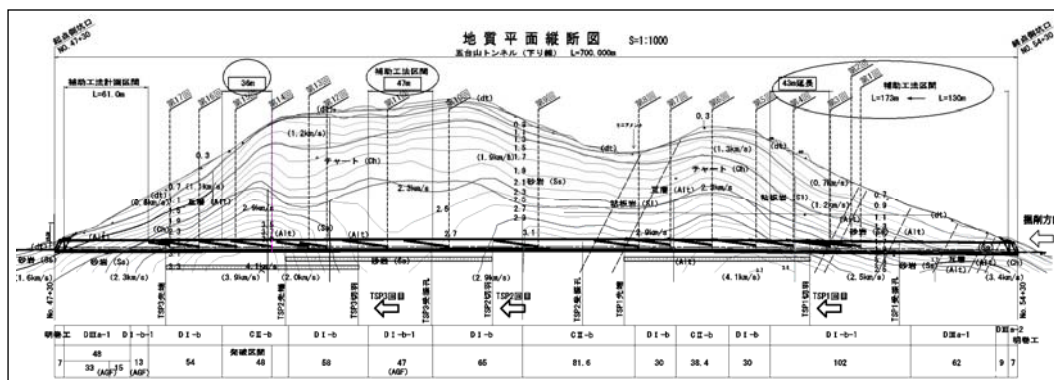


図2 前方探査位置図(削孔検層 17回, TSP3回)



写真3 削孔検層状況



写真4 穿孔データ

本トンネルでは特に補助工法の必要性の有無(図2)や支保パターンの変更箇所の確認に用いた。結果、補助工法の要否に関しては低速度層と位置づけられる $150\text{J}/\text{cm}^3$ 以下の区間で必要が継続的に確認された(図3)。切羽観察・補助工法の施工状況に加え、計17回の削孔検層により、各支保パターンの変化点の確認、及び補助工法区間を計90m延長する結果となった。

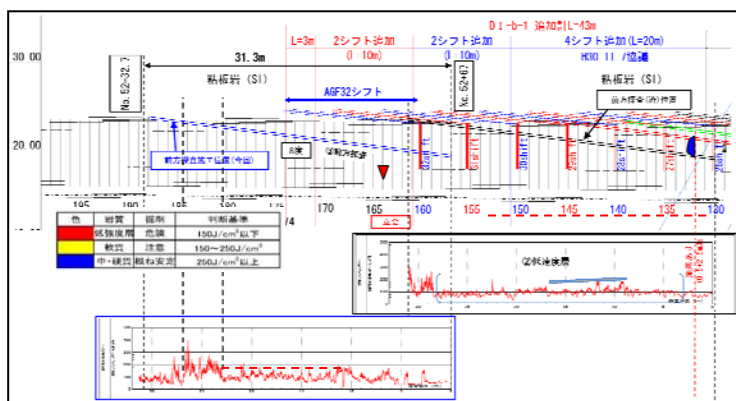


図3 削孔検層による施工結果

3.2 切羽前方探査 TSP (Tunnel Seismic Prediction)

TSPは、トンネル坑内の孔壁内に設置した発振孔内で少量の火薬(発破)により弾性波を発生させ、切羽前方(探査範囲: $100\text{m} \sim 150\text{m}$)の地質不連続帯からの反射波を4本の高感度3成分レシーバーで受振・記録する。そして、その得られた反射波形を解析し地質不連続帯の位置が解析出来るもので解析結果から切羽前方の弾性波速度分布図が得られる。

今回は、事前に行った2回のTSPの結果を踏まえ、切羽評価点と弾性波速度 V_p との関係式を求め(図4)、第3回の探査結果 V_p を切羽評価点に換算し、発破必要区間は切羽評価点2.0点以下となる区間とした。終了点はチャートの分布状況に応じて伸びる可能性があるため、前方探査(削孔検層)にて、終了地点を別途確認し、最終的に36mの区間で発破を終了することが出来た(図5)。

4. おわりに

トンネル掘削におけるメランジュの地質構造は、想定以上に、複雑かつ硬軟に富む地質であったが、遅滞なく支保パターンの選定及び補助工法の要否を決めることが出来た。今後は上記前方探査の有効性を詳細に評価し、今後の工事にフィードバックさせていく所存である。本施工にあたり、四国地方整備局土佐国道事務所の関係各位には、様々なご助言、ご助力をいただきました。ここに記して深く感謝します。



写真5 TSP 探査状況

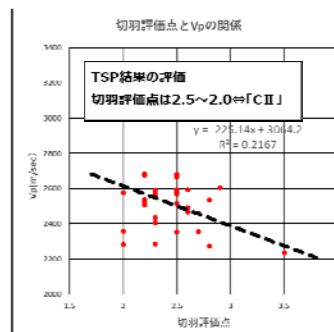


図4 切羽評価点と弾性波速度の関係

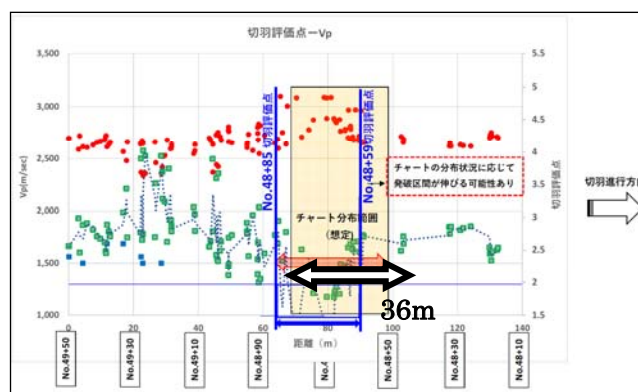


図5 発破区間の推定