多数の断層破砕帯を有するトンネルの施工

（株）鴻池組　大阪本店土木部　　木村圭吾　　○正会員　川岸鳳耶
（株）鴻池組　土木技術部　　正会員　若林宏彰

1. はじめに

国道 371 号 BP 新紀見トンネル（仮称）は，和歌山県橋本市から大阪府河内長野市へ抜ける延長 2105ｍの道路トンネルを施工するものである．地質は領家花崗岩類および和泉層群で構成され，トンネル全線において大小多数の断層破砕帯が確認されていたため，大量湧水，切羽不安定化や地表面沈下などが懸念された．本稿では断層破砕帯において水抜きを併用した切羽前方探査を行いながらトンネルを施工した事例について報告する．

2. 本トンネルにおける地形・地質概要

①地形概要

終点側坑口部は緩やかな崖錐斜面に位置し未固結の土砂が厚く分布すること，五条谷断層が通過する位置にあたることから不良地山が推定された．終点側低土被り部は土被り 20m 程度で沢部を横断するとともに崖錐堆積物が厚く堆積し，10～20L/分の流水が確認されていた．起点側坑口部は最小土被りが 3.5m，起点側低土被り部は最小土被り 4m と薄く，崖錐堆積物が厚く堆積し 10L/分程度の流水が確認されていた．

②地質概要

本トンネルの地質は，塊状の石英閃緑岩からなる領家花崗岩類と，礫岩・砂岩・泥岩の互層からなる和泉層群に大別され，路線上には中央構造線活断層帯に属する断層が多数横断し，規模の大きな断層破砕帯が 7 本確認されていた（図-1）．このうち，特に終点側坑口部では幅 60～70m にわたる比較的大規模な五条谷断層（FZ-13）が確認されていた．また，当初設計では，地上から弾性波探査と電気探査が行われ，弾性波速度が高く 320Ωｍ以下の低比抵抗値を示す区間では設計支保パターンを 1 ランク下げて設定していた．

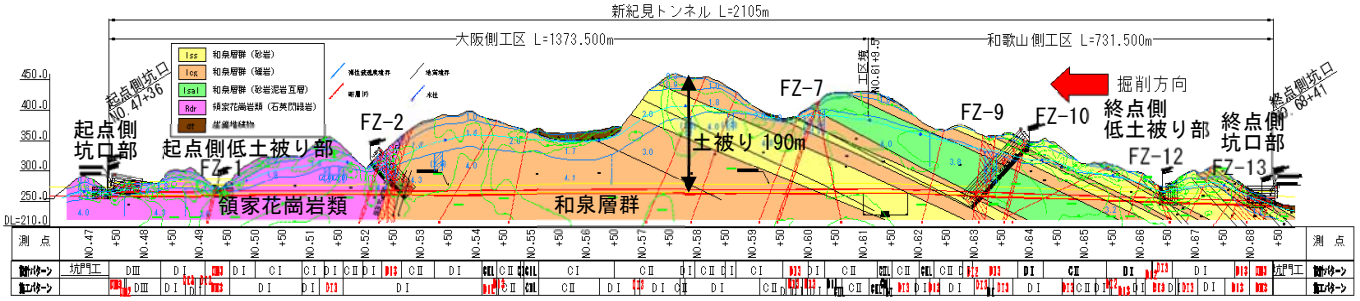

図-1　新紀見トンネル　地質縦断図（赤字は補助工法実施区間）

3. 切羽前方探査

本トンネルでは，中央構造線活断層帯に属する多数の断層破砕帯が路線上を横断し，坑口部や低土被り部では崖錐堆積物や強風化岩の出現が予想されたため，大量湧水，切羽不安定化や地表面沈下，それに伴うトンネル変状が懸念された．このため，坑口部，低土被り部，断層破砕帯，切羽不安定箇所において以下の手順で切羽前方探査を実施し次施工に反映した．

図-2　湧水状況

①切羽前方探査として，断層破砕帯では水平コアボーリングを，坑口部，低土被り部，断層破砕帯，切羽不安定箇所ではドリル NAVI（NETIS：KK-160012-A）を用いた削孔検層（L=20～30m）を実施した．

②削孔検層は，削岩機の機械データ（削孔速度，打撃圧など）から算出した穿孔エネルギーを，穿孔 1m 毎に加重平均した値を用いて地山評価を行った．また，切羽前方の水抜きと，削岩中の孔壁の自立性を確保する目的で，AGF 鋼管（鋼管径 φ76.3mm，スリット入り）を使用して削孔検層を行った（図-2）．

③水平コアボーリング結果および削孔検層結果を用いて既施工区間の施工状況との相関性をまとめ，次施工区間の支保パターンや補助工法の選定に反映した．

キーワード　断層破砕帯，崖錐堆積物，前方探査
連絡先　〒541-0057　大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1　株式会社鴻池組　大阪本店土木部　TEL 06-6245-6370

© Japan Society of Civil Engineers

4. トンネル施工状況

断層破砕帯など上記の箇所において，切羽前方探査を実施し支保パターンや補助工法を選定した一例を示す．

①終点側坑口部～終点側低土被り部のトンネル施工状況

終点側坑口部の五条谷断層（FZ-13 断層）付近では，土砂化した強風化砂岩～礫岩が分布するとともに，穿孔エネルギーは平均 49J/cm3 と非常に小さく肌落ちや切羽崩落が見られた（図-3，図-5，図-6）．また，終点側低土被り部の FZ-12 断層付近では粘土状の砂岩・礫岩が分布するとともに，穿孔エネルギーは平均 87J/cm3 と小さく切羽全面に 20L/分程度の湧水が発生したため，地山の劣化や切羽の流出が見られた（図-3，図-4）．

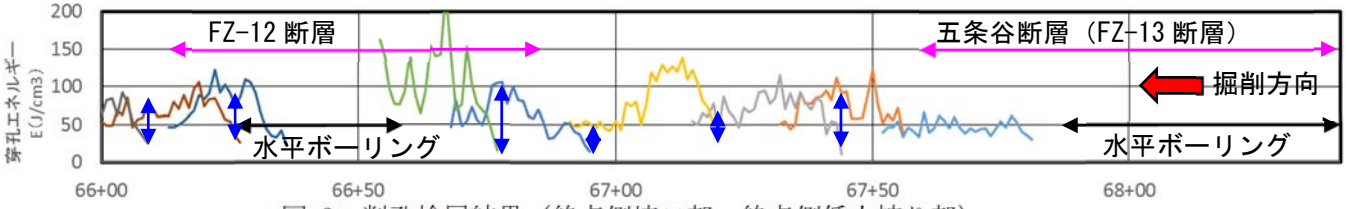

図-3　削孔検層結果（終点側坑口部～終点側低土被り部）

削孔検層ラップ区間では，今回実施した穿孔エネルギーが前回実施した穿孔エネルギーよりも，切羽から 5m 程度の範囲で 20～50J/cm3 低い値を示した（図-3，青矢印）．これは当該区間が亀裂の発達した断層破砕帯に位置するため，切羽前方 5m 程度は緩みが生じていることを示している．このため，補助工法として小口径長尺鋼管先受け工法や長尺鏡ボルトを実施し亀裂間に注入材が浸透することで切羽の安定性を保持できた．

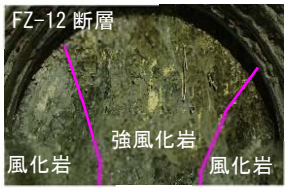

図-4　切羽状況(No. 66+45)

図-5　切羽状況(No. 67+97)

図-6　水平ボーリング結果
(FZ-13 断層, No. 68+44～67+94)

②起点側低土被り部～起点側坑口部のトンネル施工状況

起点側低土被り部の FZ-1 断層付近では粘土を介在した石英閃緑岩が分布し，穿孔エネルギーは平均 67J/cm3 と小さく肌落ちや切羽崩落が見られた．また，起点側坑口付近では天端に茶褐色に風化した崖錐堆積物が分布し，穿孔エネルギーは平均 60J/cm3 と小さく 10L/分程度の湧水が発生して肌落ちが見られた(図-7)．このため，補助工法として小口径長尺鋼管先受け工法を実施し天端の安定性を保持できた．

図-7 切羽状況(No. 47+53)

5. トンネル施工結果における考察

図-8 に穿孔エネルギー分布を示す．補助工法を実施しない区間の穿孔エネルギーは平均 100J/cm3，補助工法を実施した区間の穿孔エネルギーは平均 77J/cm3 であり，穿孔エネルギーが切羽の安定性を定量的に評価できることを確認できた．図-9 に当初設計と施工時の支保パターン比率を示す．この結果，当初設計と比較し施工時の支保パターンは D 区間が約 1.7 倍，補助工法区間が約 2 倍に増加した．本トンネルでは大小多数の断層破砕帯に多量の湧水を含んでいたため，最大 120t/hr 以上の湧水が発生し，トンネル全長の 80%以上の区間で滴水(1～20L/分以上)が発生した．これらの結果，湧水の発生が切羽の不安定化の大きな要因であると考えらるが，水抜きボーリングなどによる切羽の湧水量の低減と，補助工法による地山改良により辛うじて切羽の安定性を保持することができた．今後はトンネルの湧水区間や湧水量の予測精度を向上し，湧水による地山の劣化程度を適切に評価して支保パターンを選定することが重要になると考えられる．

最後に本トンネルの発注者である和歌山県伊都振興局に深謝の意を表するとともに，今後の同種工事を進めるにあたり一助となれば幸いである．

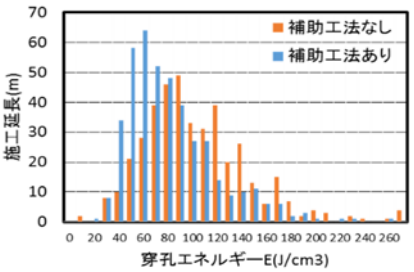

図-8　穿孔エネルギー分布

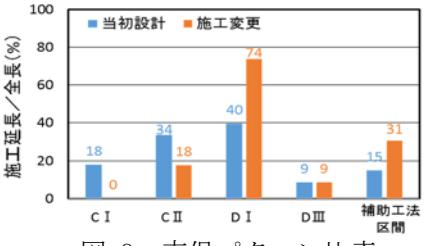

図-9　支保パターン比率

© Japan Society of Civil Engineers