破砕帯を対象とした高品質ボーリングコアによる切羽前方探査と補助工法の選定

大阪府都市整備部　鳳土木事務所*　松澤大助（現　総合計画課）　市道彰
㈱熊谷組　土木事業本部**　正会員　○片山政弘　西村誠一　正会員　青木宏一
㈱熊谷組　関西支店***　桑畑良樹　松岡洋平

１．はじめに

山岳トンネルの掘削において，断層破砕帯などの出現が予想される場合には坑内から水抜きボーリングを兼用した調査ボーリングや各種試験を行い，その結果に基づき補助工法の検討を行う場合がある．一般に，破砕帯における調査ボーリングはコア採取の困難さから採取率が劣ることで，正確な地山状況の把握，および室内試料に供することが困難となるなどの課題がある．近年，ボーリング掘削時に界面活性剤を使用することで，不良地山のコア採取を飛躍的に向上させることが知られている[1)]．今回，このボーリング技術で得られた高品質ボーリングコアによるコア観察および室内試験，また，ボアホールカメラを利用した孔壁観察により，破砕帯を突破するために確実で合理的な施工法を検討・採用した．

２．工事概要

本トンネルが位置する国道480号は，大阪府と和歌山県を連絡する重要な幹線道路であるが，このうち大阪環状線から府県境までの現道は幅員が狭く急峻で，交通の難所となっており，これらの問題を解決すべく，大阪府域で父鬼バイパスとして延長7.3ｋｍ間を整備するものである．工事概要を表-1に示す．

表-1　工事概要

工　事　名	一般国道480号道路改良工事（第2トンネル）
発　注　者	大阪府都市整備部鳳土木事務所
施　　工	熊谷組・ヤスダエンジニアリングJV
施 工 場 所	大阪府和泉市父鬼町地内
工　　期	平成21年12月15日～平成24年8月31日
工 事 概 要	延長：L=1514m，掘削断面：A=56.79～75.05m^2 NATM（発破掘削）
地　　質	溶結凝灰岩，花崗斑岩，礫岩，砂岩，頁岩

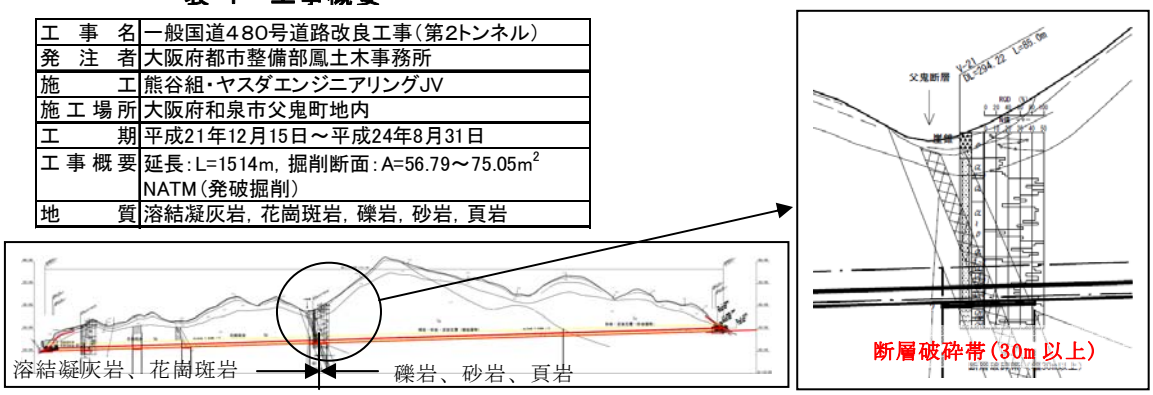

図-1　父鬼断層周辺縦断図

３．調査概要

本トンネルの中間部付近には父鬼断層と呼ばれる断層破砕帯が想定されており（図-1），注入式フォアポーリングなどの補助工法が計画されていた．しかし，破砕帯幅は鉛直ボーリングのみからの想定であり，コアも破砕帯の地山性状を正確に反映していない可能性もあることから，今回，正確な破砕帯幅を把握するために坑内から高品質ボーリングを実施した．また，破砕帯の方向性を把握するためにボアホールカメラでの坑壁観察を実施し，更に，高品質ボーリングで採取されたコアを利用した室内試験を実施した．

４．調査結果

図-2に調査結果平面図を記す．調査はトンネル両サイドから水抜きボーリングを実施したのち，断層破砕帯の予想出現位置の手前までノンコアボーリングを実施し，更に以奥にて高品質ボーリングを行った．高品質ボーリングでは，採取が困難な断層破砕帯部を棒状で採取することができ，その岩盤等級は概ねD級岩盤と評価された．また，破砕帯幅は20m程度と推測でき，想定より規模が小さいことが判明した．更に，良

キーワード：山岳トンネル，高品質ボーリングコア，ボアホールカメラ，破砕帯
*〒593-8324　大阪府堺市西区鳳東町四丁390-1　・TEL 072-273-0123
**〒162-8557　東京都新宿区津久戸町2-1　・TEL 03-3235-8622
***〒550-0004 大阪市西区靱本町1丁目11-7　・TEL 06-6225-2198

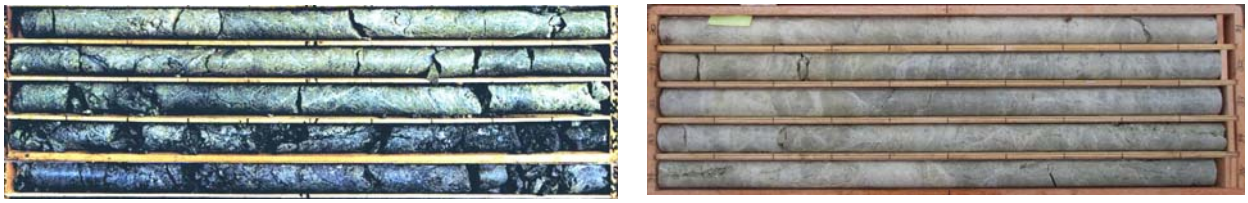

写真-1　父鬼断層主部（左：事前の鉛直ボーリング　右：今回の高品質ボーリング）

質なコアが採取できたことで，コアの破損なく室内試験に供することができた．

尚，ボアホールカメラの結果から，破砕帯は概ね左側壁部から右側壁部に受け盤にて現れることが判明した．

５．補助工法の選定

室内試験結果をもとに，地山区分を行った．結果を表-2に示す．尚，地山区分は定量的な指標を有する北海道開発局の分類表を参考とした．

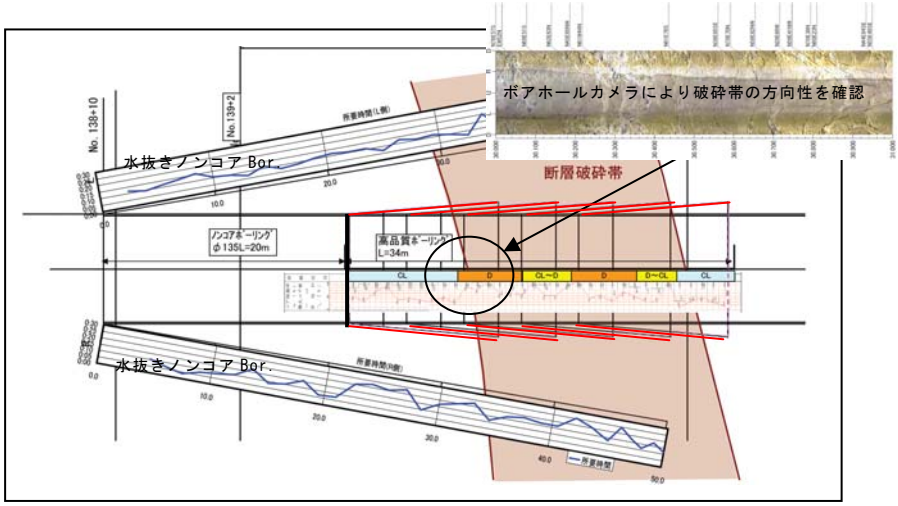

図-2　調査結果平面図

表-2　室内試験結果と支保パターン・補助工法選定

地山区分	弾性波速度 Vp(km/s)	RQD(5) RQD(%)	亀裂係数 K(%)	主な地質状況	地山定数 準岩盤圧縮強度 σc(Mpa)	粘着力 C(Mpa)	内部摩擦角 φ(°)	変形係数 Es(Mpa)	地山強度比 σc/γH	天端安定対策 充填式FP L=3m	注入式FP L=3m	長尺先受け工 L=12.5m	鏡安定化対策 鏡吹付け 3～7cm	鏡ボルト L=4m	長尺鏡ボルト L=12.5m	対策工グレード
ＤⅠ	2.5～3.0	40以下	70～80	1.風化受け亀裂多い。 2.一部変質破砕帯あり	7.5～5	1.5～1.25	40～37.5	1000～750	4～3	―	―	―	△3cm	―	―	
					5～3.5	1.25～1	37.5～35	750～500	3～2	△	―	―	△3cm	―	―	①
ＤⅡ		30以下	80以上	1.風化強く受け亀裂多い。 2.一部に変質破砕帯	3.5～2.5	1～0.75	35～32.5	500～300	2～1.5	×	○	―	○5cm	―	―	②
					2.5～1.5	0.75～0.5	32.5～30	300～150	1.5～1	×	注入増量	○	○5cm	△	―	③
Ｅ				1.強風化及び破砕帯 2.変質を伴う破砕帯	1.5～1	0.5～0.3	30～15	150～80	1以下	×	△	◎	○7cm	○	△	④
					1～0.5	0.3～0.1		80～30		×	△	◎	○7cm	×	○	⑤
枠内：文献2)を一部加筆				室内試験結果	3	0.23	35	300	1.64							

※γ=2.5, H=73m

【補助工法】
・ＡＧＦ(HITM)
・鏡吹付け
（5cm）

また，支保・補助工法および掘削工法の妥当性を上記物性値を用いて３次元数値解析を用いて検討した．その結果，注入式多段フォアパイリング（AGF-HITM，φ89mm）と吹付けインバートによる早期断面閉合を行う補助ベンチ付全段面掘削工法により，地山の緩みを抑制することができ，支保の安定性も確保できる結果となった．

６．施工結果

トンネル掘削時には，切羽にて粘土を介在する割れ目が多く発達したことから，小崩落が認められたが，AGF・鏡吹付けの施工により大きな崩落はなかった．また，変位も20mm程度とほぼ想定どおりとなり，安定した施工を行うことができた．

７．まとめ

１）高品質ボーリングコアにより良好なコア採取ができたことから，破砕帯の正確な性状把握が可能となり，また，コアを室内試験にも供することで，地山物性値の把握ができた．

２）ボアホールカメラを採用することで，破砕帯の方向性を確認することができた．

３）破砕帯の性状，連続性，方向性を正確に把握できたことで，合理的な補助工法を採用することができ，施工上問題なく，父鬼断層を突破することができた．

【参考文献】

1)亀尾，杉村，竹内，武田（2003）：気泡式ボーリングによる河床堆積物のコアサンプリングの適応性，応用地質　Vol.44　pp.243-248

2)北海道開発局道路設計要領　第4集トンネル　平成18年4月　pp.4-2-27