

# (仮称) 阪本トンネルの掘削時における 支保パターンの決定について

岡本 真輝<sup>1</sup>

<sup>1</sup>奈良県 高田土木事務所 工務課 (〒635-0065奈良県大和高田市東中2-2-1) .

奈良県五條市大塔町において施工中の(仮称)阪本トンネルでは、地質構造の複雑な付加体を掘削している。トンネル掘削時における過小な支保パターンの採用は、施工中の安全が確保できず、トンネル構造物の安定性も担保できない。一方で過大な支保パターンの採用は不経済となる。本稿では(仮称)阪本トンネルの掘削時において、支保パターンを決定するにあたり実施した取組について紹介する。

キーワード 山岳工法, 地山等級判定, AI, 遠隔臨場

## 1. はじめに

(仮称) 阪本トンネルは一般国道168号のバイパス道路整備事業である阪本工区において、山岳工法により施工している構造物である。山岳工法では現地で切羽を確認し、採用する支保パターンを決定する必要がある。過小な支保パターンの採用は、施工中の安全が確保できず、トンネルの安定性も確保できない。一方で過大な支保パターンの採用は不経済となる。

本稿では、(仮称) 阪本トンネルの掘削時において、支保パターンを決定するにあたり、実施した取組について紹介する。

## 2. 事業概要

一般国道168号阪本工区は、奈良県五條市大塔町小代

から阪本まで1.4kmのバイパス道路である。現道は、幅員狭隘で線形不良のため、車両のすれ違いが困難な状況となっており、土砂崩れなどの災害時や異常気象時の通行規制の際は、広域的な迂回を強いられる。

本工区の整備により、円滑で安全な通行を確保するとともに、近年、発生が危惧されている南海トラフ地震等の大規模災害時には、周辺地域の孤立を防ぐだけでなく、紀伊半島沿岸部までの広域的な物資輸送や救援・救急活動のルートとして「紀伊半島アンカールート」を形成する地域高規格道路「五條新宮道路」の一部となり、「命の道」としての役割を担うこととなる。

本トンネルの概要は、次の通りである(図-1)。

- ・トンネル延長：L=899m (山岳工法)
- ・最大土被り：約175m
- ・道路等級：第3種第2級
- ・設計速度：60km/h
- ・内空断面：A=56.45m<sup>2</sup>
- ・幅員：W=8.5m

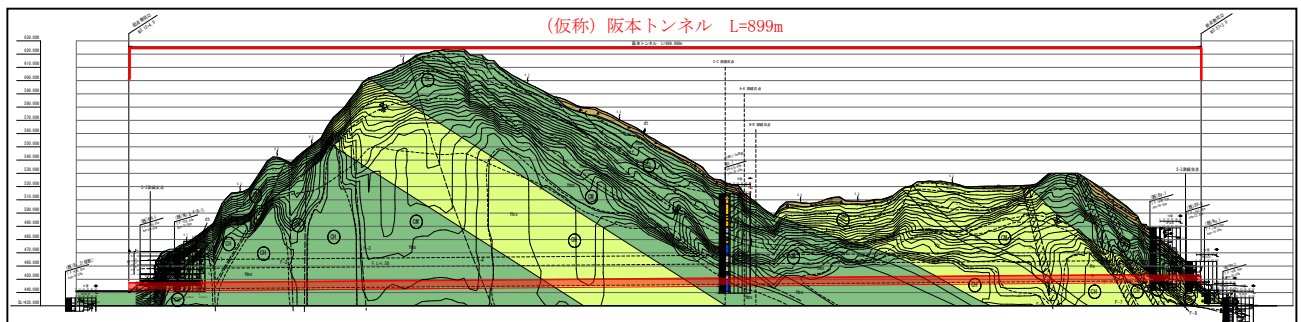


図-1 設計時地質縦断面図

本トンネルでは、地質構造の複雑な付加体を掘削しており、現地の地盤は、比較的良好な地山と悪い地山の層が頻繁に入れ替わる。

### 3. 設計時の支保パターンの決定について

本トンネルの支保パターンは、坑口付近を除いて、概ね以下に示す3パターンである(表-1)。安定した良好な地山から順にCI、CII-b、DI-bが適用される。設計時においては、坑口付近での限られたボーリング調査と、地表面から行われる弾性波探査および地表踏査の結果から支保パターンを決定している。

泥岩主体の地山では、掘削前は密実であるため弾性波速度が速く、良い地山だと想定されるが、実際掘削し、切羽に現れたときには、応力開放によって肌落ちの危険性があるため、施工時に支保パターンを適切に決定する必要がある。

### 4. 施工時の支保パターンの決定について

施工時においては、受発注者を委員とし、建設コンサルタントを委員補助とした岩判定委員会において、「トンネル地山等級判定マニュアル(試行案)(平成18年9月試行案の改訂版)平成28年7月 近畿地方整備局道路部道路工事課」<sup>1)</sup>(以下、「マニュアル」とする)に基づき、支保パターンを決定した。

マニュアルでは、切羽や素掘り面の状態、圧縮強度、

風化変質の程度、割れ目の頻度、状態、形態、湧水の程度や水による劣化の程度の9項目について切羽を観察した上で切羽評価点を決定し、その切羽評価点から出席者の協議の上、地山等級および採用する支保パターンを決定する。

本トンネルの岩質においては、地山等級のCIとCIIで切羽評価点の差が小さく、また、掘削による応力解放により岩目に沿って強度の低下がみられる(風化変質において区分2)ことから、フローチャートによる地山等級選定により、地山等級はCIIと決定される場合が多い(図-2)。

しかし、マニュアルに基づく切羽評価は、観察した1断面の評価であり、前方地山を掘削するにあたり、その結果をそのまま採用することは得策ではない。施工中の安全、トンネルの安定性を確保しつつ、経済的な支保パターンを採用する必要がある。

次章以降では、支保パターンの決定に際し、本トンネル工事において実施した取組について紹介する。

### 5. 支保パターン決定にあたり実施した取組

#### (1) シュミットロックハンマー

切羽の岩盤の圧縮強度を測定するため、シュミットロックハンマーを用いた。岩判定委員会時の検査用ハンマーでの打撃は、委員により力の入れ具合に差が出るといった課題がある。シュミットロックハンマーを用いることで、切羽にある割れ目の影響で、測定される圧縮強度に一定のばらつきは生じるが、圧縮強度を数値化することができる。

表-1 主な支保パターン

支保パターン	標準1掘進長(m)	ロックボルト				鋼アーチ支保工			吹付厚(cm)	覆工厚	
		長さ(m)	施工間隔		施工範囲	上半部種類	下半部種類	建込間隔(m)		アーチ・側壁(cm)	インバート(cm)
			周方向(m)	延長方向(m)							
CI	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	—	—	—	10	30	—
CII-b	1.2	3.0	1.5	1.2	上・下半	H-125	—	1.2	10	30	—
DI-b	1.0	4.0	1.2	1.0	上・下半	H-125	H-125	1.0	15	30	45

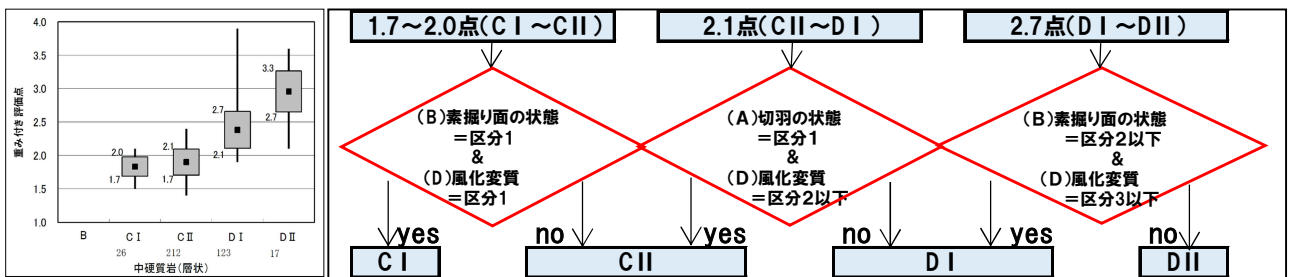


図-2 切羽評価点およびフローチャートによる地山等級選定(中硬質岩・層状)

(2) 爆薬・雷管使用量の記録

安定した良好な地山であれば使用する爆薬や雷管の量が多くなる傾向にある。データを集積することで、地山の岩質の判断材料となる。

(3) 前方探査ボーリング

切羽評価は、その観察した1断面が評価対象であるが、前方地山の掘削において採用する支保パターンを決定するには、設計時に想定された断層はあるのか、今より地山は良くなるのか、といった情報が有益になる。前方探査ボーリングにより、削孔エネルギーを算出することで、前方地山の状態を確認することができる。

6. 岩判定委員会における実例

実際の岩判定委員会を例に取組の実施について解説する(表-2)。

第13回岩判定委員会では、設計時支保パターンはC Iであったが、マニュアルによる地山等級では、切羽からの抜け落ちがみられ、D Iと判定された。しかし、取組ではC II相当の数値が得られており、当時施工中のC II-bでも支保工の変異についても問題がなく、前方探査ボーリングの結果でも、切羽地点よりも地山が良くなる傾向が確認された。このため、参加した委員による協議の結果、C II-bで施工することとなった。

第15回岩判定委員会では、設計時支保パターンはC Iであったが、マニュアルによる地山等級では、C IIと判定された。しかし、前方探査ボーリングの結果では、切羽地点よりも地山が良くなる傾向であり、その状態が比較的長く続くことが確認され、当初設計通りのC Iで施工することに決定した。

第19回岩判定委員会では、設計時支保パターンは切羽前方に断層が予想されるため、掘削補助工法付きのD

I-bであった。しかし、マニュアルによる地山等級ではC IIと判定され、取組でもC II相当の数値が得られており、前方探査ボーリングの結果でも、地山が悪くならない傾向が確認されたため、C II-bでの施工が決定した。

この通り、設計時の支保パターンは目安であり、施工時には、施工の安全性、構造物の安定性および経済性に配慮し、施工中の様々なデータを活用して支保パターンを決定することが重要である。

7. その他に実施した試行的な取組

(1) AIによる切羽評価

岩判定委員会や日々の切羽観察において、従来、切羽評価は人の目によって行われている。しかし、切羽は非常に不安定であり、施工時は速やかにコンクリートを吹付ける必要がある。AIによる切羽評価では、写真をアプリ<sup>2)</sup>で読み込むことで、瞬時に地山等級を判定できる。

AIによる切羽評価は、人の目による切羽評価を教師データとして用いるが、データ数が多くなるにつれて、人の目による切羽評価に近づいている(図-3)。

表-2 岩判定委員会における各取組データの利用による支保パターンの決定例

	第13回岩判定委員会	第15回岩判定委員会	第19回岩判定委員会
発注時支保パターン	C I	C I	補助工法付きD I-b
マニュアルによる地山等級	D I	C II	C II
シュミットロックハンマー	C I相当	C I相当	C II-b ~ C I相当
爆薬使用量	C II-b ~ C I相当	D I-b ~ C I相当	D I-b ~ C I相当
雷管使用量	D I-b ~ C II-b 相当	D I-b ~ C II-b 相当	D I-b ~ C I相当
前方探査ボーリング	地山は切羽地点より良くなる傾向	地山は切羽地点より良くなり、その状態が比較的長く続く見込み	地山は切羽地点より悪くならない傾向
採用した支保パターン	C II-b	C I	C II-b

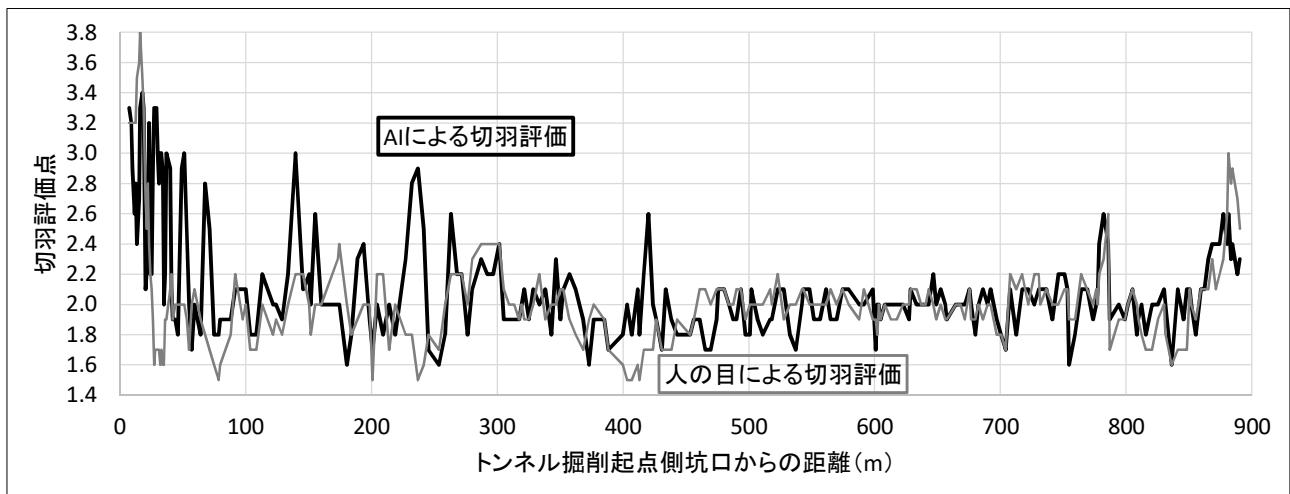


図-3 人の目およびAIによる切羽評価点の推移

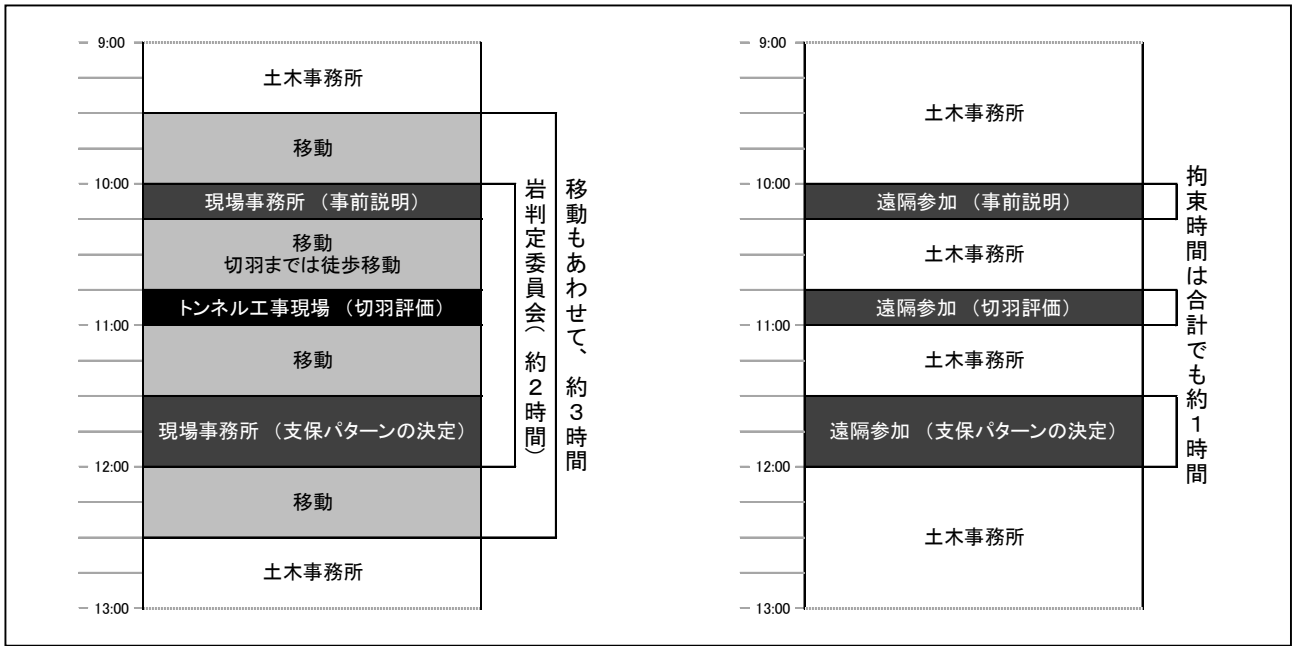


図4 岩判定委員会に現地参加した場合（左）と遠隔参加した場合（右）の拘束時間の一例

## (2) 遠隔参加可能な岩判定委員会

本トンネルの岩判定委員会では、奈良県五條土木事務所と施工業者のほか、委員として県庁道路建設課が、委員補助として建設コンサルタント3社が参加している。岩判定委員会の開催にあたっては、多方面からの視点を取り入れる機会を確保するため、Web会議システムを活用し、遠隔参加を可能とした。全29回中、10回以上の遠隔参加があった。

本トンネルにおいては、静止画の共有が主であったため、湧水の状況や、割れ目について、画質によっては判別しづらく、遠隔参加者は地山等級について評価点は付けずに、協議にのみ参加した。しかし、遠隔参加者も現地参加者同様に切羽を評価できるようになれば、参加者の拘束時間を減らすことが期待できる（図4）。

## 7. おわりに

本稿では、奈良県五條市大塔町において施工中の（仮称）阪本トンネルの施工時において、支保パターンを決定するにあたり実施している取組について紹介した。

トンネル工事の設計時には、ボーリング調査や弾性波探査等を行った上で、地山状況を想定して支保パターンを決定しているが、実際の地山状況は工事において掘削しなければわからない。安全に、かつ経済的にトンネルを掘削するためには、切羽を観察し、適切な支保パターンをその都度決定する必要がある。

マニュアルだけでなく、これまでの施工実績や、切羽前方探査ボーリングの結果を活用することにより、岩判定委員会では、より細かな議論ができ得る。

また、本トンネルで実施した、AIによる切羽評価や、岩判定委員会への遠隔参加といった試行的な取組は、まだまだ改良の余地があり、今後の技術の発展により、ますます広く使われることを期待する。

本稿が今後のトンネル工事施工の一助になれば幸いである。

※本稿は、前所属の奈良県五條土木事務所工務第二課における業務に基づくものである。

謝辞：（仮称）阪本トンネル工事を安全に施工いただいている施工業者の奥村・岩田地崎特定建設工事共同企業体の皆様、岩判定委員会にて助言をいただいた委員補助の皆様、また工事に協力いただいている皆様に感謝の意を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 近畿地方整備局道路部道路工事課：トンネル地山等級判定マニュアル（試行案）（平成18年9月試行案の改訂版）
- 2) (株) sMedio：切羽AI評価システムサービス