

山岳トンネル事前調査における複数の技術者による照査の試み

建設省山工事事務所 賛助会員 ○大久保雅憲

山口大学工学部 正会員 河原幸弘

山口大学工学部 正会員 中川浩二

1. はじめに

山岳トンネルの計画・設計は、山地部の地中深部の線状構造物であるため、事前の計画段階に地中深部の地山条件を精度良く把握し、実施工に反映させることが重要である。しかし、トンネル施工前に精度良く地山条件を捉えることは、事前調査技術の水準や経済性などの点から困難であり実施工では、施工時の地山の状況や支保の状況、地山挙動の観察・計測によって地山状態に応じた適切な支保構造を採用している。そのため、事前設計と実施工では事前設計における調査精度の限界により大きく支保を修正する場合や補助工法を追加する場合が多くみられるのが現状である。

そこで本報告は、表-1 に示す複数の技術者からなる検討メンバーを構成し、山口県内のトンネルを例に、今後の調査・設計のあり方について1つの照査を試みたものである。なお、メンバーは、事前設計において属性や個人差による対人依存性が少ない¹⁾ことからコンサルタントを中心としている。

表-1 構成メンバー	
属性	人数
(イ) 発注者	2
(ロ) 地質調査技術者	1
(ハ) 担当コンサルタント	3
(ニ) 担当外コンサルタント	7
計 (人)	13

2. アンケート調査の概要

構成メンバーを対象に表-2 の内容についてアンケート形式により回答を収集した。先ず対象トンネルの難易度を明確にし、次にトンネルの課題および追加調査の提案についてそれぞれ意見をペーパー形式にて収集した。その結果より実施した本トンネルの追加調査の点数評価を行い、調査に対する過不足の意識の把握を試みた。

表-2 アンケート調査の内容	
アンケート項目	調査方法
①トンネルの難易度	A～E
②トンネルの課題	ペーパー形式
③追加調査の提案	ペーパー形式
④実追加地質調査の点数評価	50～125点

3. 対象トンネルの概要

対象とするトンネルは、山口県下を通過する土被り最大約 100m、延長約 790mのトンネルとして計画されており、基盤の地質は白亜紀の関門層群（頁岩・砂岩・礫岩・凝灰岩の互層）が分布している。頁岩は、他の岩相に比べて亀裂が多く、風化が進行している。地層の走向は、トンネル中心線に対してほぼ直交し、傾斜は起点側に向かって約 15°～30° 傾斜している。また、わずかな鞍部の連続、傾斜変換点の連続は認められるが、顕著なフォトリニアメント、谷系模様はみられず、大規模な断層の存在は認められない。

表-3 トンネルの難易度		
難易度	通常実施する調査項目	備考
A	弾性波探査+地表踏査	↑ 容 易
B	通常のボーリング調査	
C	数本の追加ボーリング調査	
D	照査レベルのトンネル	
E	特殊性の高いトンネル（委員会）	↓ 難しい

4. アンケート調査結果と考察

(1) トンネルの難易度

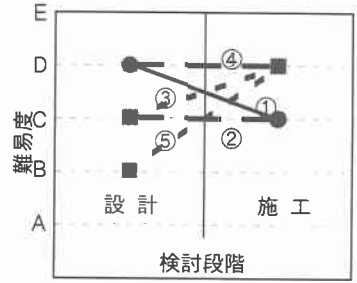
構成メンバーを対象に設計段階と施工段階の2つに大別して本トンネルの計画レベル（難易度）の意識調査を実施した。難易度のランク付けは、表-3 に示すようにA（易しい）～E（難しい）までの5段階評価とした。

これらの結果を表-4 に整理し示す。全体としては、設計段階においてCの回答が最も多く、施工段

表-4 本トンネルにおける難易度レベル意識調査												
		設計段階					施工段階					備考
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
		容易	←	→	←	→	容易	←	→	←	→	
(イ)	1											①
	2											①
(ロ)	1											②
(ハ)	1											③
	2											④
	3											③
(ニ)	1											①
	2											③
	3											③
	4											③
	5											③
	6											⑤
	7											③
計		0	1	8	4	0	0	0	4	9	0	

階ではDの回答が多く得られた。このことは、地質が互層状態で分布しており施工時に風化が著しい地層（頁岩）が出現すると天端・切羽の安定が確保できず支保工の見直しや補助工法の採用などによる設計変更が生じる可能性が高いためと考えられる。

また、図－1 から業務に携わる立場によって計画段階で難易度の意識の違いが生じていることが判断できる。この図から、検討段階毎の意識の変化は、大きく3つに区分される。①は、設計時に比べ施工時が計画しやすく、②と④は、設計時も施工時も同じ難易度であることを表し、③と⑤は、設計時に比べて施工時が難しいと判断されたものである。



図－1 トンネル難易度意識調査

(2) 本トンネルの課題

次に本トンネルの課題の抽出をトンネル計画箇所毎に整理した。ここでは、最も回答数が多いトンネル中央部を紹介する。表－5 にトンネル中央部を対象とした課題のアンケート結果を示す。この表から担当者間においては、事前情報による設計思想や課題提起がほぼ集約されているのに対し、担当外コンサルタント技術者からは、幅広く様々な意見が抽出され複数の技術者からみた意見収集の有効性が図れたと考える。

表－5 本トンネル中央部の課題の抽出

トンネル中央部	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	備考	
	発注者	地質調査技術者	担当コンサルタント	担当外コンサルタント	担当	担当外
低速度帯確認	1	1	2	7	↑	↓
沢部の施工方法	1		1			
5.0km/sの岩盤性状の確認		1	1	4	↓	↑
各代表弾性波箇所地山確認				3		
低速度帯の方向性確認				1		
リニアメントとTNの関係				2		

(3) 追加調査の提案

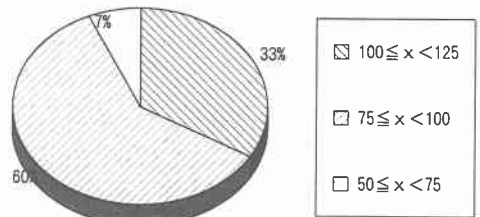
次に先述した課題に対し必要となる調査項目について計画箇所毎に表－6 に整理する。ボーリング調査を基本とした追加調査であるが課題点を抽出する事により個々の調査の必要性を判断でき、各計画箇所において貴重な調査資料となる。

表－6 追加調査の提案

計画箇所	課題項目	追加調査項目	実施
西坑口部	坑口部の施工方法、低土被り	水平ボーリング	○
	dt層の確認、地滑り地形の確認	鉛直ボーリング	○
	抱き擁壁の構造、支持力、坑口位置検討	鉛直ボーリング	○
トンネル中央部	低速度帯確認	鉛直ボーリング	○
	5.0km/sの岩盤性状の確認	鉛直ボーリング	○
東坑口部	坑口部支持力の確認(縦断方向地質確認)	水平ボーリング	○
		鉛直ボーリング	×
トンネル全体	低速度帯確認、低速度帯方向性確認	電気探査	×
		高密度弾性波	×

(4) 本トンネルにおける追加調査の点数評価

提案を踏まえ発注者の実施した追加調査について点数評価を行い調査に対する過不足の意識の把握を試みた。経済性を踏まえた最適内容を100点としている。点数(x)の範囲としては、 $50 \leq x < 75$, $75 \leq x < 100$, $100 \leq x < 125$ の3段階に分類した。図－2 に実追加調査の点数評価の割合を示す。充分満足のいく調査内容という回答は約1/3であり、概ね100点に近いという回答は約2/3であった。しかし、終点側坑口での追加調査や低速度帯の考え方についてもう一步踏み込んだ調査も実施したいという意見も多く見られた。



図－2 実追加調査の点数評価の割合

5. おわりに

本報告では、トンネル事前調査について複数の技術者からアンケート形式にて意見を収集し1つの照査システムを試みた結果、幅広い意見収集が行えその有効性が確認できた。今後、このような照査システムの実績を増やすことにより合理的なトンネル調査・設計の提案が行えると考えられる。

(参考文献)

- 1) 大久保雅憲, 日根幸雄, 中川浩二: 山岳トンネル事前設計合理化のための一つの試み, トンネル工学研究論文・報告集 第9巻, 1999年11月報告(13), pp.137~142