

トンネルの支保設計と実施工との比較

山口大学 中川浩二

日本道路公団 隅田数男

山口大学 尾崎行雄

日本道路公団 津川宏志

トンネルの事前設計は、特に施工上問題のないトンネルでは各地山等級に対応した標準支保パターンによって設計を行っているのが一般的である。

この支保パターンの事前設計と実施工とは、かなり大きな差が見られることがあり、例えば吉川らは土砂、軟岩、硬岩と言った分類にもとづき支保パターンの変更幅を調査している。

本研究は、この研究を参考に地山の岩種をもとに設計と実施工における支保パターンの変更の状況を調査したものである。

対象としたトンネルは日本道路公団山陽自動車道のトンネルのうち花崗岩を主とする地山のトンネル14本、粘板岩を主とするトンネル6本、片岩を主とするトンネル10本を取り出したものである。

支保設計の標準パターンは地山分類の等級と対応して定められているが、地山分類の等級を決定するための地山評価の指標は調査トンネルにおいては岩石種別と弾性波速度を主体として用いているものが多い。

いま日本道路公団の設計要領の岩質区分のうち岩種、弾性波速度のみに関するものを取り出したものが図-1である。

また実施工に際しての支保設計の修正は切羽やその付近での地山の調査、観察、計測によりなされる。

図-2に岩種ごとの代表的な2本のトンネルについて事前設計と施工時における岩質区分を示す。これらのトンネル例は対象トンネルの平均的と思われる設計変更の傾向を有するものであり、変更のおよその傾向がうかがえる。

いま、この状況を岩種ごとに弾性波速度について比較したものが図-3である。例えば花崗岩の弾性波速度が4.0km/secの場合、図-1によればこの支保パターンはBと判断される。これを図-3に示すと実線部分に対応することになる。しかるに図からわかるように実線部に対応するトンネル延長は大きくない。特に花崗岩では支保の変更が増強側と軽減側の両側へ広がっているのに対して粘板岩および片岩トンネルでは比較的、増強側へ偏っている。この理由として粘板岩地山ではここで対象とした地山の特殊性から弾性波速度法による評価方法に限界があったことが考えられる。また片岩の地山では地山そのものの岩石強度はあっても地山の変成作用にともなう不安定性のため、実施工においては修正設計が必要になったものと思われる。

この状況をさらに詳しく示すため吉川らにならって支保成分をA, B, C₁, C₂, D₁, D₂の各段階に分け、例えばC₁と設計されていたものが施工においてD₁へ変更された場合には-2, Bへ変更され

岩質区分	岩石の種別	弾性波速度				
		1	2	3	4	5 (km/s)
A	花崗岩					
	粘板岩					
	黒色片岩					
B	花崗岩					
	粘板岩					
	黒色片岩					
C	花崗岩					
	粘板岩					
	黒色片岩					
D	花崗岩					
	粘板岩					
	黒色片岩					

図-1 岩種、弾性波速度による岩質区分

花崗岩		粘板岩		黒色片岩	
トンネル	岩質区分別比率 (%)	トンネル	岩質区分別比率 (%)	トンネル	岩質区分別比率 (%)
Gr 1	事前設計 A(37) B(44) C(19)	Sl 1	事前設計 A(13) B(65) C(11) D(11)	Sb 1	事前設計 B(46) C(55) D(39)
	施工 A(53) B(29) C(18)		施工 A(0) B(6) C(66) D(28)		施工 B(0) C(25) D(75)
Gr 2	事前設計 A(72) B(21) C(7)	Sl 2	事前設計 A(0) B(26) C(77) D(57)	Sb 2	事前設計 B(45) C(27) D(28)
	施工 A(68) B(22) C(10)		施工 A(0) B(0) C(44) D(43)		施工 B(5) C(52) D(43)

図-2 代表的なトンネルの事前設計時と施工時の岩質区分の比較

たときは+1の変更幅として示したものが図-4である。ここでは紙面の都合上、花崗岩のみについて示す。

次に事前調査時に水平ボーリングを行った部分に関する設計と実施との比較を図-5に示す。ここでも花崗岩の例のみを示しているが、水平ボーリングを行ったとしても必ずしも設計支保が実施で用いられるとは限らず、かなりの変更が行われているのがわかる。特にここではすべて支保を軽減する方向へ変更されている点に興味がある。

一方、弾性波探査に加えて垂直ボーリング（全トンネルで8例）を行い支保パターンを設定した部分については、1例のみ-1の変更があったのを除いてすべて設計支保のとおり施工されている。これは水平ボーリングが坑口付近で実施されているため土被りが薄く地山の状況の変化が著しいのに対して垂直ボーリングの場合は、坑口部分と異なり比較的安定した部分をボーリングすることになり、コアの状況（RQD、目視）等から総合的に地山状況を把握し、支保パターンを設定することが可能なためと思われる。

以上山陽自動車道のトンネル調査結果に関して以下のことが考察される。

1) 従来行われてきた弾性波探査を主とする事前設計の支保パターンは、花崗岩では比較的实施と一致するが粘板岩および片岩では実施とことなる場合が多く、しかも支保パターンの

増強を行うことになっており、施工に当たっては地山状況に応じ慎重な施工に特に留意することが必要である。

2) 弾性波探査に加えて垂直ボーリングを実施し、

総合的に地山状況を把握のうえ支保パターンを設定すれば、事前設計と実施は概ね一致する。なお、日本道路公団では設計要領（昭和60年10月）でボーリングによる評価方法にRQDも明記している。

3) 粘板岩および片岩地山における支保パターン設定に当たっては、代表される地質箇所における垂直ボーリングを加味した評価が重要である。

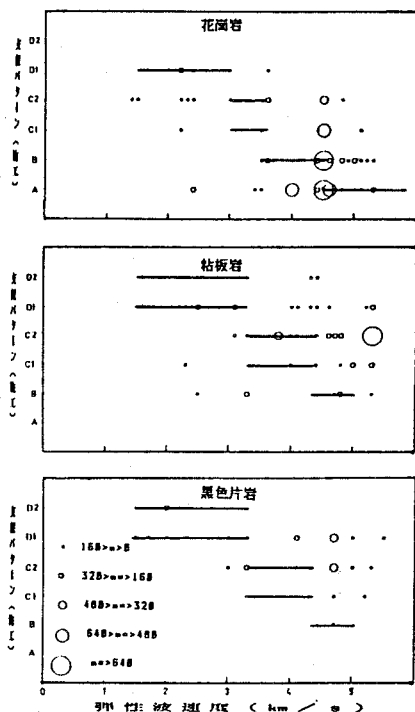


図-3 調査時の弾性波速度と実施支保パターン（実線：図-1に示す弾性波速度に対する支保パターン、○：対応するトンネルの延長）

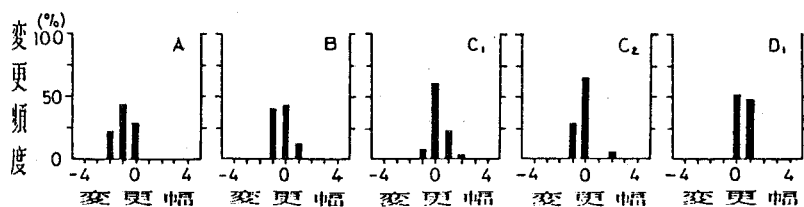


図-4 事前設計に対する施工支保パターンの変更頻度(%) (花崗岩のみ)

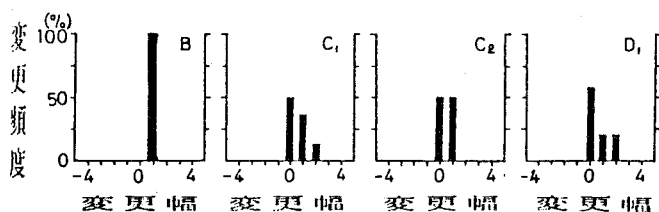


図-5 水平ボーリングをした部分についての事前設計に対する施工支保パターンの変更頻度(%) (花崗岩のみ)