

先進ボーリング調査による地山分類の効果と分類指標に関する一考察

Consideration of the effects and classification indexes of ground classification by advanced boring survey

○岡崎健治・倉橋稔幸・大日向昭彦・山崎秀策（土木研究所寒地土木研究所）
 亀村勝美（深田地質研究所），村山秀幸（フジタ）
 Kenji Okazaki, Toshiyuki Kurahashi, Akihiko Obinata, Shusaku Yamazaki,
 Katsumi Kamemura, Hideyuki Murayama

1. はじめに

トンネルの事前調査では、精度の良い地山分類のための情報が得られない場合がある。また、施工時には切羽観察や掘削に伴う変位量により評価されるが掘削前の地山性状を予測することは難しい。ここで、北海道の国道トンネルでは切羽前方の地質確認や地山分類のため先進ボーリング調査（以下、先進）を実施している¹⁾。また、トンネル標準示方書でも特に大きな土被りの場合、施工中の坑内からの先進や物理探査等を適切な時期に行い、問題の予測、対策の事前検討と準備に反映させ、施工への大きな影響をできる限り低減させることが必要であることを述べている²⁾。トンネルの地山は地質の分布、変形や強度特性等、空間的に多くの不確実性を含んでおり、調査により信頼性を高めることで地質的な問題の発生を抑制できれば建設コストの変動幅やリスクの軽減が期待される³⁾。

本稿では、施工時に切羽の肌落ち、吹付けコンクリートのクラック、ロックボルトのプレートの変形等が発生した北海道の国道 10 トンネルの設計時と先進時の地山分類を、施工時に最終的に確定された地山分類との一致状況を調べるとともに、先進の効果の定量化を試みた結果について報告する。

2. 分析方法

分析では、はじめに 10 トンネルの施工時の地山分類に対し、設計時と先進時の地山分類がどのような差を有して変更したのか、その割合を延長から求めた。

次に、設計時と先進時の変更割合を確率変数とした正規分布によって確率密度を求め、両者の標準偏差の差を先進の効果として定量化した。なお、設計時、先進時および施工時の地山分類は異なる測定方法や異なる対象による分類指標（P波速度、岩石の強度等）か

ら決定されていることを前提とした（表-1）。また、10 トンネルは全て先進を実施しているが、大幅な段取り替えや機械設備の調達等が必要となるような地質的な問題が施工時に発生しているため、先進時の評価では、どのような地質状況であったかについて記録を調べた。

3. 分析結果

図-1、表-2 に施工時の地山分類に対する設計時と先進時の地山分類の変更割合、それらに基づき定量化した先進の効果を示す。分析の結果、地山分類は、-2（二段階良くなった）～4（四段階悪くなった）の範囲で変更された。10 トンネル全体の分布をみると、設計時の地山分類は分布のピーク幅が狭くなり 0（一致）へ移動している。また、この効果は全体で 0.072 と定量的に示すことができる。効果が最大の UU トンネルでは設計時の地山分類が先進によって改善されている。このように先進時の地山分類の効果を確認できたが、一方、先進時の地山分類が施工時に悪くなる側に変更した区間があった。それらの区間では、「岩質の劣化に伴う土圧増加」、「地下水による岩質の劣化」等が発生したことが記録されていた。このような二次的な変化を生じる岩石を予測することが難しいこと、また先進の情報は施工時では切羽面において点の情報であり、切羽の地質を代表しない場合もあることが先進の短所であると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本分析では、10 トンネルの地山分類の変更割合を調べることで先進ボーリング調査の地山分類への効果とそれを定量的に示すことができた。また、先進による地山分類が変わる地山条件も確認することができた。

今後は、先進ボーリング調査の付加価値をより高めるための調査や試験方法に関する研究を進めたい。

謝辞：本分析にご協力頂いた国土交通省北海道開発局の関係各位に、ここに記して厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局（2018）：道路設計要領，第4集トンネル，pp.13-29.
- 2) 土木学会トンネル工学委員会（2016）：トンネル標準示方書「共通編」・同解説／「山岳工法編」・同解説，土木学会，pp.26-30.
- 3) 土木学会岩盤力学委員会（2009）：岩盤構造物の建設と維持管理におけるマネジメント，土木学会，pp.27-30.

表-1 設計・先進・施工時の測定対象・方法別の分類指標

種別	測定対象・方法	設計	先進	施工
地質判定	踏査・ボーリング・切羽	○	○	○
P波速度	地山(屈折法弾性波探査)	○		
	切羽前方(速度検層)		○	
	コア(超音波伝播速度)	○	○	
ボーリング	変形係数(孔内)	○	○	
	弾性係数(コア)	○	○	
	強度(コア)	○	○	○
	RQD(5または10)	○	○	
	湧水		○	
切羽観察	切羽の目視観察・岩片強度			○
土被り	地山強度比	○	○	○
坑内変位計測	天端沈下・内空変位等			○

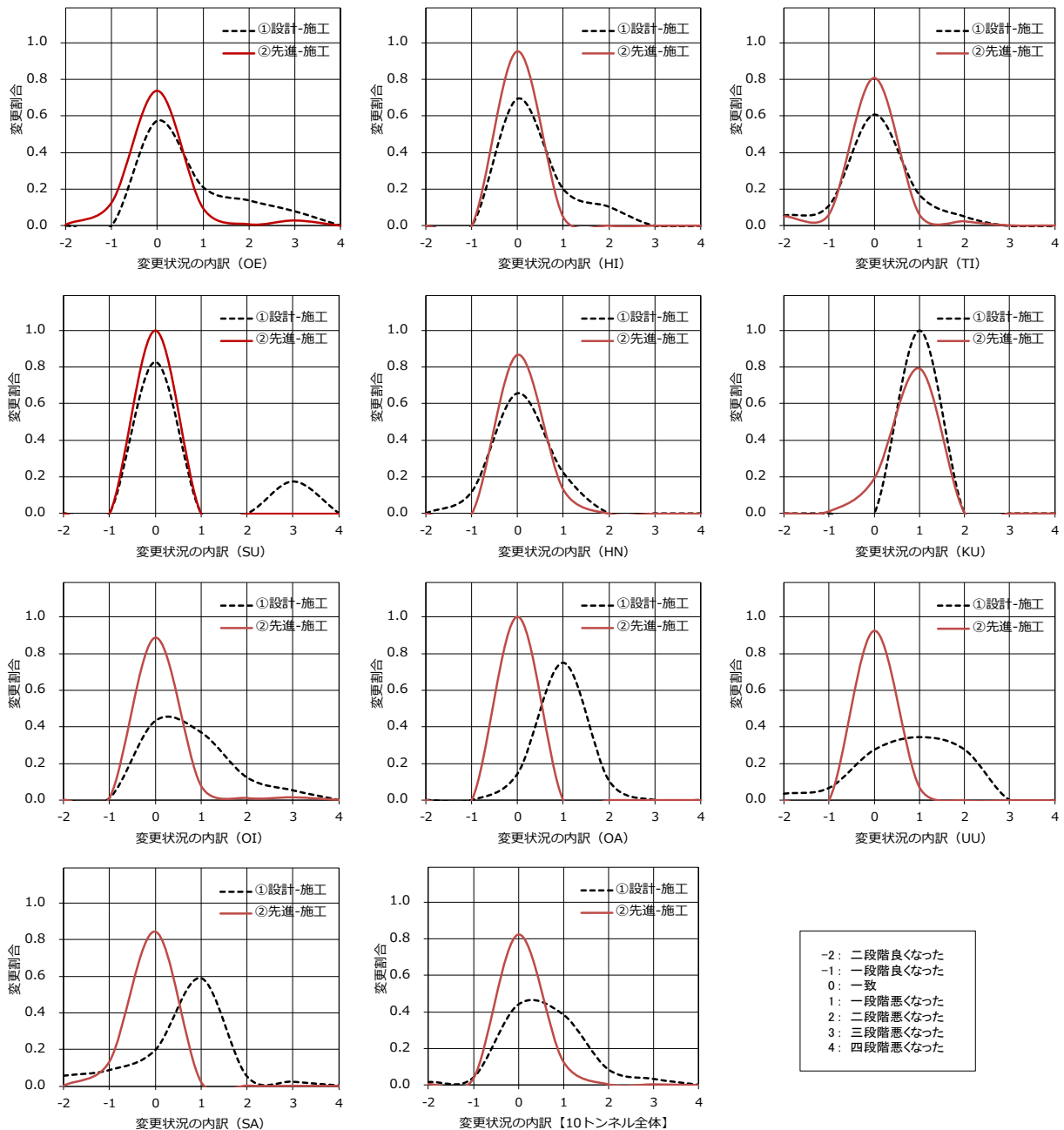


図-1 施工時の地山分類に対する設計時と先進時の地山分類の変更割合

表-2 設計時と先進時の変更割合に基づき定量化した先進の効果

トンネル名称		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	全体
比較区分		OE	HI	TI	SU	HN	KU	OI	OA	UU	SA	
設計-施工	二段階良くなった	0.23	0.27	0.33	0.31	0.26	0.34	0.20	0.29	0.22	0.32	0.23
	一段階良くなった	0.23	0.27	0.44	0.31	0.46	0.34	0.22	0.29	0.29	0.38	0.28
	一致	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.34	0.96	0.50	0.83	0.61	0.96
	一段階悪くなった	0.64	0.60	0.56	0.31	0.64	0.99	0.91	0.99	0.93	0.99	0.92
	二段階悪くなった	0.49	0.43	0.32	0.31	0.26	0.34	0.46	0.44	0.83	0.31	0.37
	三段階悪くなった	0.37	0.27	0.24	0.54	0.26	0.34	0.30	0.29	0.15	0.26	0.26
	四段階悪くなった	0.23	0.27	0.24	0.31	0.26	0.34	0.20	0.29	0.15	0.23	0.21
	平均	0.45	0.44	0.44	0.44	0.45	0.43	0.46	0.44	0.49	0.44	0.46
	標準偏差	0.262	0.250	0.247	0.240	0.258	0.228	0.308	0.239	0.331	0.250	0.306
	先進-施工	二段階良くなった	0.29	0.33	0.37	0.34	0.32	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31
一段階良くなった		0.47	0.33	0.38	0.34	0.32	0.32	0.33	0.34	0.33	0.49	0.35
一致		0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.57	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
一段階悪くなった		0.42	0.39	0.38	0.34	0.49	0.99	0.41	0.34	0.41	0.34	0.48
二段階悪くなった		0.29	0.33	0.33	0.34	0.32	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.31
三段階悪くなった		0.32	0.33	0.30	0.34	0.32	0.30	0.34	0.34	0.33	0.31	0.31
四段階悪くなった		0.28	0.33	0.30	0.34	0.32	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.31
平均		0.44	0.43	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44
標準偏差		0.236	0.228	0.230	0.228	0.234	0.243	0.229	0.228	0.229	0.234	0.234
効果 (a)-(b)		0.026	0.022	0.017	0.012	0.024	-0.015	0.078	0.012	0.102	0.016	0.072

※効果は、設計時と先進時の変更割合を確率変数とした正規分布によって確率密度を求め、両者の標準偏差の差を先進の効果として定量化