

III-382

中硬岩地山に施工されたトンネルに発生した変状についての一考察

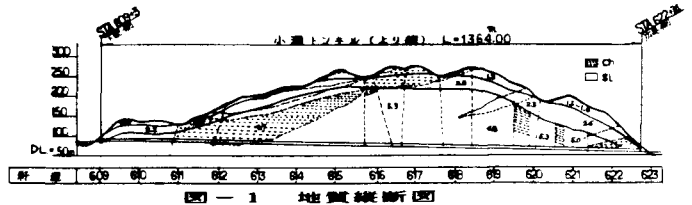
日本道路公団 岩国工事事務所 井上 一夫
飛鳥建設(株) 齊藤 勝昭, 富田 宏夫
(正) 〇近久 博志

1. はじめに

近年、トンネル施工に関して種々の研究・実験が行なわれ、実態が次第に明確になりつつある。その中で、本論文は、山陽自動車道の山口県岩国市に位置する小瀬トンネル(二車線道路用)のデータを例にして、中硬岩地山に施工されたトンネルの変状についての若干の考察を試みるものである。

2. 地質概要

施工位置の地質は、中生代三畳紀〜ジュラ紀の玖珂層群と称されるチャート・れき質粘板岩(海底地すべり堆積物)・粘板岩を主体とし、砂岩・石灰岩・塩基性岩類を伴う地層である。主たる地質である粘板岩は、5〜10cm程度の縞紋様を呈する層状岩盤であり、岩の実質部分は硬いが、ハンマー打撃で容易に層理面、節理面から剥離して5〜10cm程度のサイコロ状の岩片となる。地質縦断面図を図-1に示す。

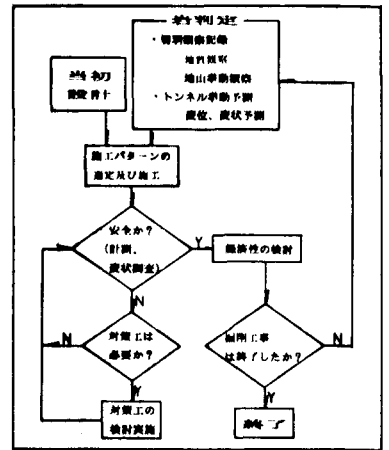


3. 計測管理

本トンネルでは、図-2のようなフローに従って計測管理を進めた。通常、内空変位等の変位による計測管理が主流であるが、ここでは、

- ① 計測値の絶対値が小さい
- ② 切羽付近で変位挙動の大部分が進行し、その後の挙動は小さい
- ③ 変位挙動は不連続に進行する

の三つのことを考えて、地山の状態・挙動及び変状の調査を中心とした計測管理を実施した。



4. 変状調査と考察

本トンネルでは、図-2のフローに従って岩判定を行ない地山の変化に応じた支保の変更を適時実施してきた。それにも拘らず発生した主な変状は、

- ① 切羽及び切羽付近の肌落ちや小崩落
- ② 吹付コンクリートの変状(ひび割れ〜剥離)

であった。ここでは、吹付コンクリートの変状について考察する。

表-1 要因項目

アイテム	ボウガン・サー										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
A	4000000	1	年	定	2	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	2500000000	

表-2 内空変位と各アイテムの相関係数と偏相関係数(1層)

アイテム	1	2	3	偏相関係数	F分布
変位	-2.35 (11)	0.46 (56)	—	0.111	0.271
圧縮強度	-3.20 (4)	-0.31 (48)	1.83 (15)	0.285	0.333
風化度	1.34 (9)	-0.21 (58)	—	0.080	0.271
割れ目の幅	1.15 (23)	-0.31 (36)	2.88 (5)	0.270	0.333
割れ目の状態	0.57 (31)	0.49 (36)	—	0.183	0.271
割れ目の影響	1.86 (17)	0.28 (38)	-3.24 (12)	0.439	0.333
湧水	-0.30 (28)	0.28 (33)	-0.16 (3)	0.086	0.333
水による劣化	0.28 (85)	0.07 (2)	—	0.406	0.271
変位パターン	-2.51 (11)	-2.33 (3)	0.65 (53)	0.150	0.333
土質	0.88 (40)	-1.31 (27)	—	0.312	0.271
変状	0.23 (57)	-1.35 (10)	—	0.085	0.271

○のついた要因を計算に取り込む
()内は使用した偏相関係数

()内は、サンプル数 偏相関係数 0.757
F分布の検定値は5%の有意水準を示す

4-1 内空変位と吹付コンクリートの変状(Ⅰ類)

切羽観察記録、変状、パターン(道路公団の二車線道路用のトンネルの支保パターン)が内空変位量にどのように関係しているかを分析する目的で要因項目を表-1のように想定して数量化理論第Ⅰ類で分析した。この結果のうち相関係数を表-2に示す。この結果から

『地山の“水による劣化”や“割れ目の形態”と内空変位量との相関は高いが、“変状”と内空変位量との相関は殆どない。』

ことがわかった。

4-2 吹付コンクリートの変状の要因分析(Ⅱ類)

次に、“変状の有無”を外的基準に、表-1の要因項目をアイテムを選んで数量化理論第Ⅱ類で分析した。順次解析を進めて5%の有意水準(F-検定)を満たすアイテムだけを選ぶと最終的に表-3、4と図-3のような結果になった。これから、

① “素掘面の状態”や“風化変質”の項目が重きを持った指標として地山の状態が良くなるに従って適時支保規模を軽くしている。

② このようにして支保パターンが決定されたにも拘らず、支保規模が軽くなるに従い吹付コンクリートの変状は著しくなっている。ことがわかった。

これらの結果から次のような考察がなされる。割れ目の開口が卓越する本地山では、掘削や発破の影響で切羽付近で挙動の大部分が進行する。これに対し、ロックボルトと吹付コンクリートだけでは、モルタルやコンクリートが硬化するまで、支保能力が完全に発揮されないが、鋼支保工は、その剛性により切羽付近で十分に抵抗しているものと思われる。

5. まとめ

変位挙動の小さな中硬岩～硬岩地山にトンネルを施工する場合、今回述べたような計測管理手法は、有効な手法と思われる。また、今回この手法でデータを整理していくと、割れ目の挙動に対して、鋼支保工を用いているC2パターンの効果が大きいことがわかった。しかし、『①変状の分析に対して、有意なアイテムが抜けていたり、カテゴリー分けが適切でない ②切羽観察記録の記入者の判断レベルがあい昧である ③分析手法が適切でない』などの問題が残っており、今後こうした問題を解決してゆく必要がある。とりわけ①の問題は、分析の目的によって必要なアイテムやカテゴリーが変わってくるため、「収集データとしての画一性」と「個別の事象を説明するための特殊性」を勘案し、その手法について今後更に研究を進めていきたい。

参考文献

- ① 近久他 「トンネルにおける計測管理」 第17回岩盤力学に関するシンポジウム S60.2 土木学会
- ② 日本トンネル技術協会 「山岳トンネルの地山評価に関する研究報告書」 S60.2
- ③ 秋山 「統計分析を用いたトンネルの掘削管理」 トンネルと地下 S61.3

表-3 変状と各アイテムの相関係数と偏相関係数(Ⅰ類)

アイテム	素掘面の状態	圧縮強度	風化変質	支保パターン	変状
素掘面の状態	1.00				
圧縮強度	0.57	1.00			
風化変質	-0.89	-0.84	1.00		
支保パターン	-0.89	-0.53	0.83	1.00	
変状	-0.72	-0.43	0.82	0.85	1.00

表-4 変状と各アイテムの回帰係数と偏相関係数(Ⅱ類)

アイテム	1	2	3	偏相関係数	F分布検定値
素掘面の状態	1.82 (11)	-0.36 (58)	—	0.557	0.248
圧縮強度	-0.72 (4)	-0.05 (48)	-0.05 (15)	0.308	0.306
風化変質	-2.27 (9)	-1.35 (58)	—	0.661	0.248
支保パターン	-2.11 (11)	-1.24 (3)	0.51 (53)	0.712	0.306

()内は、サンプル数 偏相関係数 0.919
F分布の検定値は5%の有意水準を示す

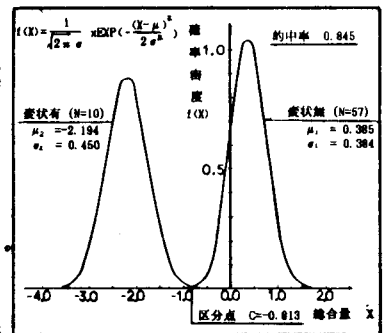


図-3 変状分析結果(Ⅱ類)