

高速道路トンネルの岩石ごとの地山挙動分析

中野 清人¹・國村 省吾²

¹正会員 株式会社高速道路総合技術研究所 トンネル研究室 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)
E-mail:k.nakano.aa@ri-necxo.co.jp

²応用地質株式会社 エンジニアリング本部 (〒331-0812 さいたま市北区宮原町1-66-2)
E-mail:kunimura-shogo@oyonet.oyo.co.jp

NEXCO(東日本, 中日本, 西日本高速道路(株))では, 山岳トンネルの施工方法として山岳トンネル工法を標準工法として採用しており, 施工時に周辺地山の挙動や支保部材の効果の確認について観察・計測を活用しながら合理的な施工を行ってきた. 山岳トンネル工法を着手したときから, 切羽観察や計測工の結果を収集し, データベース化を行っている. この蓄積されたデータを定量的に分析することで, 岩石ごとでの変位傾向や支保構造の妥当性の確認, 切羽観察手法の妥当性などが評価でき, 今後の更なる合理的な設計施工に反映できるものと考えられる.

施工データ分析の第一段階として, これまで蓄積した日常の施工管理として実施している切羽観察や計測工のデータから, 代表岩石を抽出しマクロ的に変形挙動を分析したものである.

Key Words : ground behavior, measurement data, expressway tunnel, mountain tunneling method

1. はじめに

NEXCO3社では, 山岳トンネルの施工方法として山岳トンネル工法(吹付けコンクリート, ロックボルト, 鋼アーチ支保工を主たる支保部材)を標準工法として採用し, 合理的な施工を目指し, 施工時に周辺地山の挙動や支保部材の効果の確認のための計測工による施工管理により構造物としてのトンネルの安定性を確認しながら, 建設を実施している. NEXCOでは山岳トンネル工法が標準工法となって以来, 計測工(切羽観察, 変位計測, 支保部材応力等)の結果を収集し, データベース化を行ってきている. 山岳トンネル工法では, 施工中の計測工により施工結果をフィードバックし支保構造の妥当性を評価している. 計測工の目的は, 当該トンネルの安全性, 経済性の確保にあるが, 多数のトンネルのデータを分析することにより, 将来の設計や施工のための基礎資料として活用できると考えられる. 既往の研究¹⁾においても様々な岩石ごとのデータを取り上げ, 岩石の挙動に基づいたトンネルの支保構造選定に関するものは非常に少ない.

本報告は, 施工データ分析の第一段階として, 本データベースのデータを活用し, 岩石ごとでの変形挙動についてマクロ的な分析を実施し, 特徴を整理し, 合理的に設計施工を行う上での指標や目安を提案するものである.

2. 整理分析データの内訳

(1) 収集データの内訳

新NATMデータベースシステム(以下「DB」という)には, 2車線高速道路トンネルの施工データとして収納されている計測工Aについて, 期間は1997年~2010年の14年間, トンネル数は180トンネル, 210チューブで, 断面数としては10 347断面が収集されている. そのうち表-1に示す岩石グループ以外の岩石と非常駐車帯の断面を除き, さらに最終変位量までが記載されたデータのある断面として蓄積されているのは, 8 196断面である.

(2) 支保パターンごとの内訳

そのデータを7つの支保パターン(B, C I-a, C II-a, C II-b, D I, D II, D III)ごとにその断面数を示すと, 図-1のようになる. ここで, 一掘進長が2m以上をBに, D I-aとD I-bをまとめてD I, またD IIとE, および1m以下をまとめてD IIとして取り扱うこととした.

収集したデータは, D Iが31%と最も多く, 次いでC II-bが23%である. 鋼アーチ支保工を用いないB, C I, C II-aは, それぞれ約2%, 約10%, 約6%と合わせて約18%程度である. D IIとして1 002断面(12%)である. この計測断面の比率は延長に対する比率とは異なる.

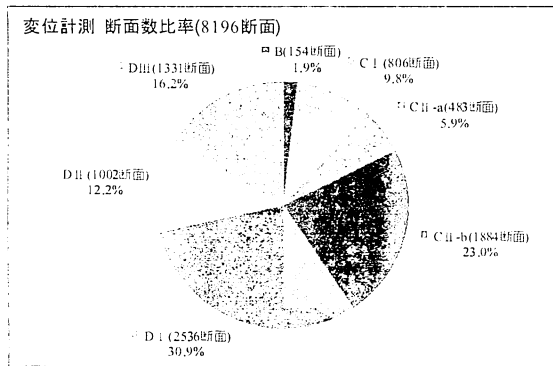


図-1 支保パターンごとの内訳

表-1 4つの岩石グループ²⁾

	H(硬質岩)	M(中硬質岩)	L(軟質岩)
塊状 岩盤	① 斑れい岩 花崗岩 花崗閃緑岩 石英斑岩 花崗斑岩 ホルンフェルス 角閃石岩 砂岩、礫岩(中生層) 石灰岩、チャート 片麻岩	安山岩 玄武岩 石英安山岩 流紋岩 ひん岩	② 蛇紋岩 凝灰岩 凝灰角礫岩
層状 岩盤		③ 粘板岩 頁岩(中生層)	④ 千枚岩 黒色片岩 緑色片岩 泥岩、頁岩(第三紀層)

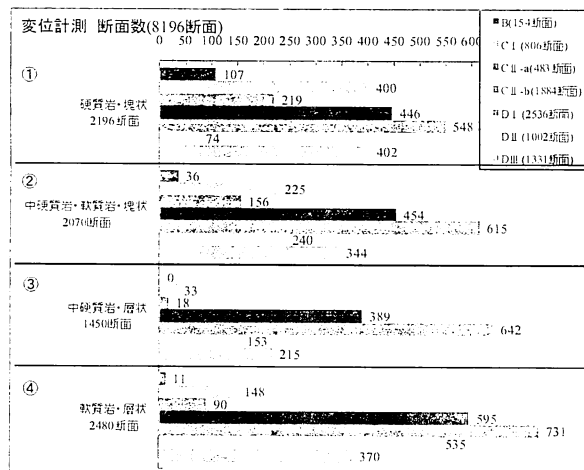


図-2 岩石グループごとの内訳

(3) 岩石グループごとの内訳

NEXCOにおいて地山の分類や切羽の評価は表-1に示す4つの岩石グループに区分して実施されている²⁾。硬質岩・塊状、中硬質岩・軟質岩・塊状、中硬質岩・層状、軟質岩・層状) ごとにその断面数を支保パターン別に示すと図-2のようになる。

岩石グループごとでは、軟質岩・層状が2 480断面と最も多く、次いで硬質岩・塊状が2 196断面、中硬質岩・軟質岩・塊状が2 070断面、中硬質岩・層状が1 450断面である。また、鋼アーチ支保工のない支保パターン(B, C I, C II-a) は塊状が大部分を占めている。一方Bは硬質岩・塊状が、D IIは軟質岩・層状のデータが大部分を占めている。

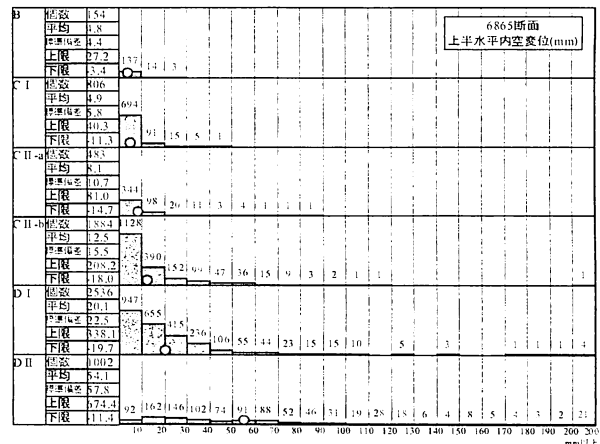


図-3 上半水平内空変位(最終値)の頻度分布

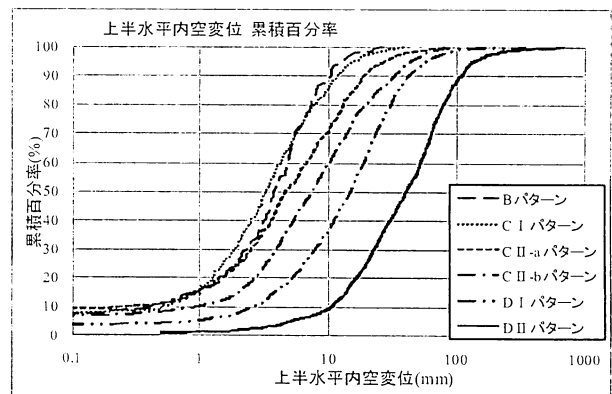


図-4 上半水平内空変位(最終値)の累積百分率

3. 上半水平内空変位の傾向分析

DBに収集されるデータのうち、計測工Aとして計測される変位の項目は、天端沈下量、上半水平内空変位量、下半水平内空変位量、脚部沈下量であり、また計測時点として初期変位速度、切羽離れ0.5D時、1.0D時、2.0D時、下半通過時、最終値である。今回の検討では、上半水平内空変位量(以下「内空変位量」という)を対象として整理した。

(1) 支保パターンごとの変位傾向

支保パターン別に最終内空変位量を10mmごとに頻度分布としたものを図-3に示す(図中の「○」は平均値を表示)。また、最終内空変位量について支保パターンごとの累積百分率を図-4に示す。

たとえば、円形トンネル掘削時の半径方向の変位量は、 $U_r = (1 + \nu) \times \varepsilon \times r$ で計算できる。ここで、 U_r : r における半径方向の変位、 ν : ポアソン比、 ε : ひずみ、 r : 中心からの距離である。試算として、トンネル半径を6m程度、ポアソン比0.25~0.35程度、ひずみを弾性挙動の範囲を想定して0.25~0.35程度、計測できる変位量は

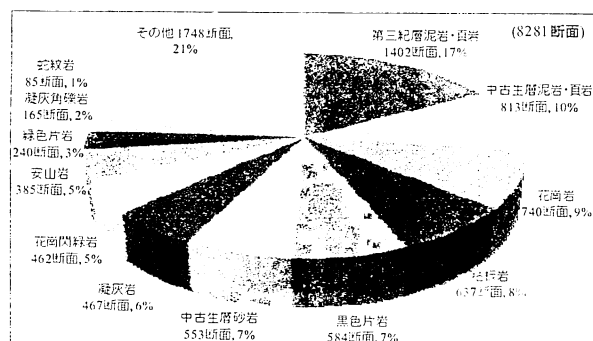


図-5 整理分析データの岩石ごとの断面数とその割合

地山の全変位量の50%程度とすると内空変位量20～30mm程度が得られる。したがって、このレベルの変位量であれば地山は弾性領域内にあり安定であるといえる。内空変位量について以下の傾向がみられる。

- ・B～C I～C II-aまでの鋼アーチ支保工のない支保パターンでは、大部分が10mm以下の変位量であり、また平均値も4～8mm程度と小さい。またBからC II-aへと徐々に分布幅が広がる。
- ・C II-bは、20mm以下が80%、50mm以下が96%を占めている。平均は12mm程度であるが、分布の幅が鋼アーチ支保工のないパターン（B、C I、C II-a）よりも大きくなる傾向にある。
- ・D Iは、30mm以下が80%、60mm以下が95%を占め、分布幅も広がっている。
- ・D IIは、更に頻度分布は幅広くなる。平均値は50mmを超えており他のパターンより大きく、また200mm以上の大変位量の場合も見られる。
- ・支保パターンの剛性が大きくなる（B→D II）にしたがい変位量が大きくなる傾向がある。また変位量の分布幅が広がる傾向がある。
- ・支保パターンごとの累積百分率を見ると、支保パターンによらずその形状は同様である。
- ・また、BとC Iは重なるが、支保パターンの剛性が大きくなるにしたがい変位が大きくなる傾向にあり、選定された支保量と発生する変位量のバランスが適度にとれていると考えられる。

(2) 岩石ごとの変形挙動

DBに蓄積されているデータの計測断面ごとの岩石ごとの比率を図-5に示す。蓄積されているデータ数について岩石ごとでは、第三紀層泥岩・頁岩が1402断面(17%)で最も多く、中生層泥岩・頁岩が813断面(10%)で合わせて1/4程度を占めている。次いで花崗岩、粘板岩、黒色片岩、中生層砂岩、凝灰岩、花崗閃緑岩、安山岩、緑色片岩、凝灰角礫岩、蛇紋岩の順である。

表-2 上半水平内空変位(最終値)10mmごとの岩石別の断面数

	岩石種別	断面数																					平均
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200		
調査 区 域 別 ・ 地 区 別	上中北平内盆地部 (range)	断面数	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	平均
	片麻岩	65	4	20	20	14	1	6															26.6
	石英片岩	11	10	1																			8.4
	ホルンフェルス	36	36																				4.2
	中生層砂岩	518	281	113	47	20	11	8	11	1	8	3	2	3		1	1	1	2				5
	凝灰岩	2	2																				2.9
	花崗閃緑岩	6	4	1																			4.3
	砂岩	93	42	24	10	17																	14.5
	黒色片岩	69	60	9																			5.9
	カンラン岩	1	1																				11.0
	閃緑岩	84	27	20	12	16	9																19.8
	花崗閃緑岩	454	285	93	51	19	4	2															10.5
泥炭層	677	378	128	78	60	22	2	3	5	1												13.3	
中生層砂岩	5	2	3																			11.1	
石英片岩	15	8	3	2																		9.5	
蛇紋岩	85	31	16	13	6	5	5	1	2	1	1				2		1					27.6	
輝綠岩流成岩	78	15	51	8	3																	14.9	
角礫岩	2	1	1																			8.5	
第三紀層砂岩	184	37	39	28	29	15	11	10	7	1	4	2	1									31.4	
凝灰岩	91	39	23	12	6	4	2	3							1			1				19.9	
凝灰角礫岩	445	176	157	47	24	11	5	6	4	3	3	4	1	2			1	1				18.5	
グリーンタフ	15	7	3	5																		13.4	
凝灰角礫岩	147	73	17	4	7	3	5	14	8	9	3	1	3									29.0	
火山噴出物成岩	126	82	27	13	4																	9.9	
砂岩・蛇紋岩互層	60	56	4																			5.2	
玄武岩	68	48	6	9	3	2																9.8	
安山岩	350	244	54	28	10	7	3	1	1	1	1	1										10.5	
石英安山岩	19	19																				2.1	
流紋岩	210	140	29	31	9	6	1															10.6	
頁岩	59	46	7	5	1																	7.0	
調査 区 域 別 ・ 地 区 別	蛇紋岩	763	295	180	96	53	19	7	6	2	4	1										14.1	
	中生層泥岩・頁岩	623	242	149	76	50	26	26	30	10	5	1	6	2								23.9	
	千枚岩	28	13	8	1	3	1															13.3	
	黒色片岩	64	265	94	47	31	30	17	9	6	8	7	4	4	3	1	2	1	2	3	3	28.9	
	凝灰角礫岩	223	155	46	16	3																8.5	
	緑色片岩	133	39	40	23	16	10	2	3	1	3	3	2	4	2	1	2	1				26.6	
	第三紀層泥岩・頁岩	1763	385	277	194	125	83	90	59	43	27	21	10	15	9	3	1	3	2	1	5	32.7	
	蛇紋岩	85	31	16	13	6	5	5	1	2	1	1				2		1				27.6	
	輝綠岩流成岩	78	15	51	8	3																14.9	
	角礫岩	2	1	1																		8.5	
	第三紀層砂岩	184	37	39	28	29	15	11	10	7	1	4	2	1								31.4	
	凝灰岩	91	39	23	12	6	4	2	3							1			1			19.9	
凝灰角礫岩	445	176	157	47	24	11	5	6	4	3	3	4	1	2			1	1			18.5		
グリーンタフ	15	7	3	5																	13.4		
凝灰角礫岩	147	73	17	4	7	3	5	14	8	9	3	1	3								29.0		
火山噴出物成岩	126	82	27	13	4																9.9		
砂岩・蛇紋岩互層	60	56	4																		5.2		
玄武岩	68	48	6	9	3	2															9.8		
安山岩	350	244	54	28	10	7	3	1	1	1	1	1									10.5		
石英安山岩	19	19																			2.1		
流紋岩	210	140	29	31	9	6	1														10.6		
頁岩	59	46	7	5	1																7.0		
調査 区 域 別 ・ 地 区 別	蛇紋岩	763	295	180	96	53	19	7	6	2	4	1									14.1		
	中生層泥岩・頁岩	623	242	149	76	50	26	26	30	10	5	1	6	2							23.9		
	千枚岩	28	13	8	1	3	1														13.3		
	黒色片岩	64	265	94	47	31	30	17	9	6	8	7	4	4	3	1	2	1	2	3	3	28.9	
	凝灰角礫岩	223	155	46	16	3															8.5		
	緑色片岩	133	39	40	23	16	10	2	3	1	3	3	2	4	2	1	2	1			26.6		
	第三紀層泥岩・頁岩	1763	385	277	194	125	83	90	59	43	27	21	10	15	9	3	1	3	2	1	5	32.7	
	蛇紋岩	85	31	16	13	6	5	5	1	2	1	1				2		1			27.6		
	輝綠岩流成岩	78	15	51	8	3															14.9		
	角礫岩	2	1	1																	8.5		
	第三紀層砂岩	184	37	39	28	29	15	11	10	7	1	4	2	1							31.4		
	凝灰岩	91	39	23	12	6	4	2	3							1			1		19.9		
凝灰角礫岩	445	176	157	47	24	11	5	6	4	3	3	4	1	2			1	1		18.5			
グリーンタフ	15	7	3	5																13.4			
凝灰角礫岩	147	73	17	4	7	3	5	14	8	9	3	1	3							29.0			
火山噴出物成岩	126	82	27	13	4															9.9			
砂岩・蛇紋岩互層	60	56	4																	5.2			
玄武岩	68	48	6	9	3	2														9.8			
安山岩	350	244	54	28	10	7	3	1	1	1	1	1								10.5			
石英安山岩	19	19																		2.1			
流紋岩	210	140	29	31	9	6	1													10.6			
頁岩	59	46	7	5	1															7.0			
調査 区 域 別 ・ 地 区 別	蛇紋岩	763	295	180	96	53	19	7	6	2	4	1									14.1		
	中生層泥岩・頁岩	623	242	149	76	50	26	26	30	10	5	1	6	2							23.9		
	千枚岩	28	13	8	1	3	1														13.3		
	黒色片岩	64	265	94	47	31	30	17	9	6	8	7	4	4	3	1	2	1	2	3	3	28.9	
	凝灰角礫岩	223	155	46	16	3															8.5		
	緑色片岩	133	39	40	23	16	10	2	3	1	3	3	2	4	2	1	2	1			26.6		
	第三紀層泥岩・頁岩	1763	385	277	194	125	83	90	59	43	27	21	10	15	9	3	1	3	2	1	5	32.7	
	蛇紋岩	85	31	16	13	6	5	5	1	2	1	1				2		1			27.6		
	輝綠岩流成岩	78	15	51	8	3															14.9		
	角礫岩	2	1	1																	8.5		
	第三紀層砂岩	184	37	39	28	29	15	11	10	7	1	4	2	1							31.4		
	凝灰岩	91	39	23	12	6	4	2	3							1			1		19.9		
凝灰角礫岩	445	176	157	47	24	11	5	6	4	3	3	4	1	2			1	1		18.5			
グリーンタフ	15	7	3	5																13.4			
凝灰角礫岩	147	73	17	4	7	3	5	14	8	9	3	1	3							29.0			
火山噴出物成岩	126	82	27	13	4															9.9			
砂岩・蛇紋岩互層	60	56	4																	5.2			
玄武岩	68	48	6	9	3	2														9.8			
安山岩	350	244	54	28	10	7	3	1	1	1	1	1								10.5			
石英安山岩	19	19																		2.1			
流紋岩	210	140	29	31	9	6	1													10.6			
頁岩	59	46	7	5	1															7.0			
調査 区 域 別 ・ 地 区 別	蛇紋岩	763	295	180	96	53	19	7	6	2	4	1	</										

(表中のハッチは、岩石ごとの断面数の1%以上の断面数を示す)

a) 岩石ごとの内空変位量の頻度分布

岩石ごとの内空変位量の岩石別に頻度数と平均値（最終値）を表-2に示す。

- ・硬質岩・塊状は、花崗岩と花崗閃緑岩と中生層の砂岩とで大部分を占め、平均は10mm程度以下で分布も50mm以下である。
- ・中硬質岩・軟質岩・塊状は、安山岩と流紋岩と凝灰岩とで大部分を占め、平均は10～30mm程度、また分布も100mm程度までと硬質岩より若干大きい。この中でも、火山岩類の安山岩や流紋岩は平均10mm程度で、堆積岩類の砂岩や凝灰岩の平均30mm程度よりも小さい傾向にある。
- ・中硬質岩・層状は、粘板岩と中生層の泥岩・頁岩がほぼ同等で、平均は15～20mm程度で、分布は80mm程度以下である。
- ・軟質岩・層状は、第三紀層の泥岩・頁岩が半数以上を占め、平均は30mm程度であるが、分布も広く100mm以上の場合も多い。

b) 岩石ごとの支保パターン別の頻度分布

岩石グループから代表的な岩石（硬質岩・塊状：花崗岩、中硬質岩・塊状：安山岩、中硬質岩・層状：粘板岩、軟質岩・層状：第三紀層泥岩・頁岩）を抽出し、それぞれ支保パターン別に内空変位量の10mmごとの頻度分布を図-6に示す。

- ・塊状の花崗岩と安山岩は、支保パターンによらず比較の変位量は小さい。B～C II-bでは大部分が10mm以下で、D Iでやや大きく分布幅も広がるが50mmに概ね収まっている。

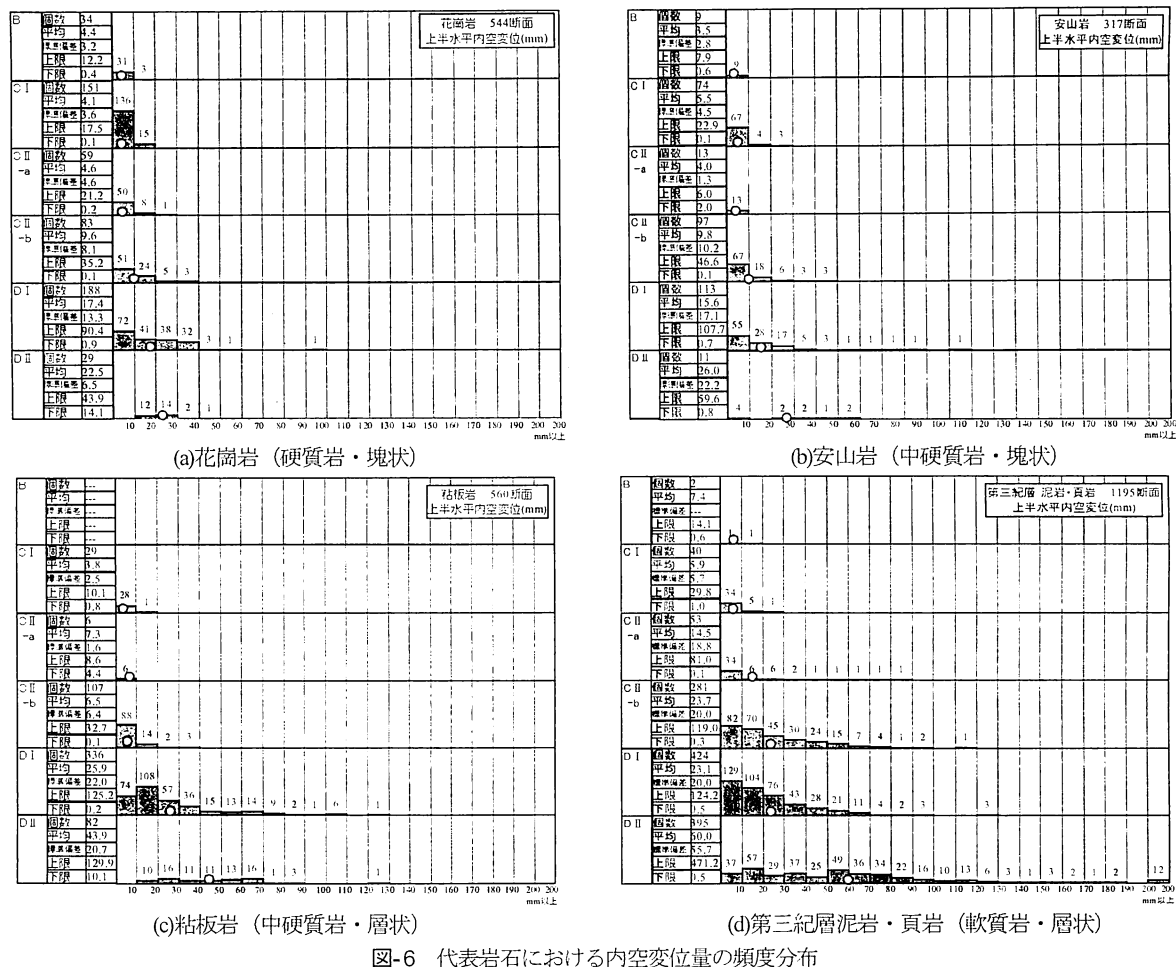


図-6 代表岩石における内空変位量の頻度分布

- ・層状の粘板岩と第三紀層泥岩・頁岩は、鋼アーチ支保工のないB、C IやC II-aの占める割合は少ない。
- ・粘板岩と第三紀層泥岩・頁岩は、D IやD IIでは大きな変位が生じ、分布の幅も広がる傾向にある。D IIは、より幅広く分布し、軟質岩である第三紀層泥岩・頁岩では特に顕著である。
- ・鋼アーチ支保工のないB、C I、C II-aでは、岩石グループによらず変位量は10mm程度以下と小さい。

c) 岩石ごとの初期変位速度と最終変位量

内空変位について、初期変位速度と最終値の関係を図-7、それを両対数表示して全パターンを一元化した相関を図-8に示す。初期変位速度とは計測を開始した最初の一日の変位量である。

- ・初期変位速度と最終値について、明確な関係は見出せないが、花崗岩・安山岩（塊状）と粘板岩・第三紀層泥岩・頁岩（層状）を比較すると、強度の違いも考えられるが、層状のほう初期変位速度に対する最終値の比率が大きい。
- ・比較的支保量の小さいパターン（B、C I、C II）は、明確ではないが初期変位速度が大きくなるにつれ最終

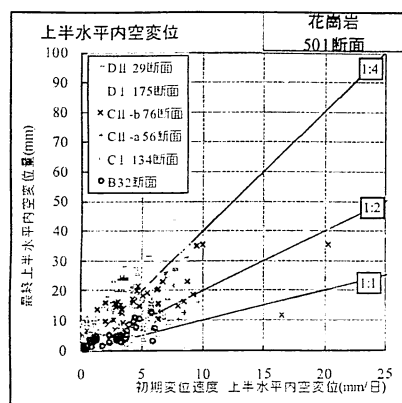
値も大きくなる傾向が見られる。

- ・一方それらより支保量の大きいパターン（D I、D II）でも、線形的に大きくなる傾向ではないが幅広い領域に分布しており、硬質岩から軟質岩へと強度が低い岩種になるほどその傾向は顕著となる。
- ・図-7からD IやD IIの場合は、B、C I、C IIに比べて初期変位速度から最終変位量の予測しにくいようにみえる。図-8の対数表示の相関関係をみると変位量の大きい粘板岩や第三紀層泥岩・頁岩のほう変位量の少ない花崗岩・安山岩よりも相関は高くなっている。もう少しミクロに分析する必要がある。

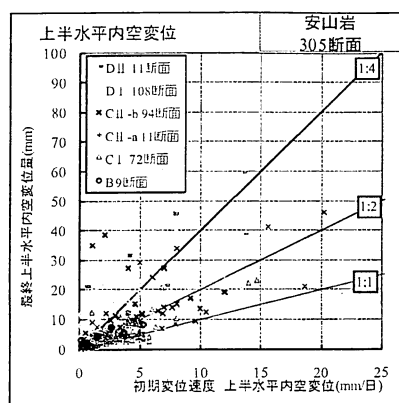
d) 岩石ごとの土かぶりとの関係

内空変位量について、土かぶりと最終値の関係を図-9に示す。

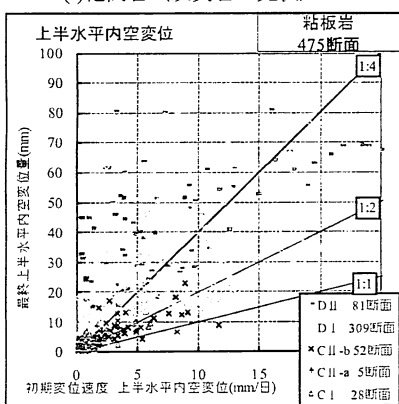
- ・花崗岩では、土かぶりに依存していない。D IやD IIが土かぶり100m以下に多く分布、100mを超えたとほB、C I、C IIなど比較的支保量の小さいパターンが占められるようになる。
- ・安山岩では、土かぶりに依存しない。支保パターンも土かぶりに依存していない。



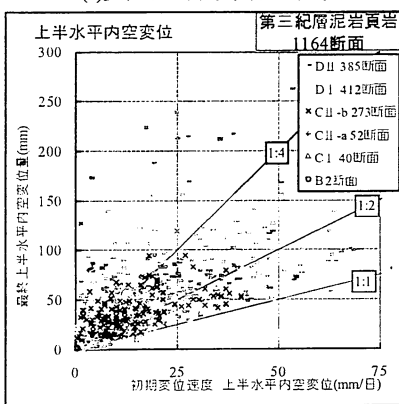
(a)花崗岩（硬質岩・塊状）



(b)安山岩（中硬質岩・塊状）

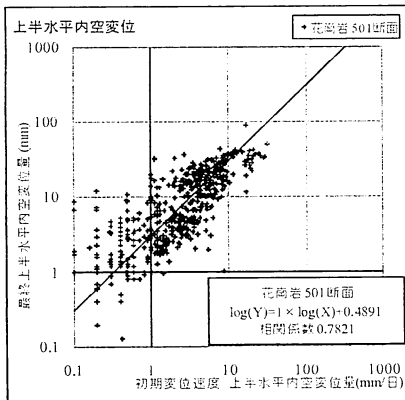


(c)粘板岩（中硬質岩・層状）

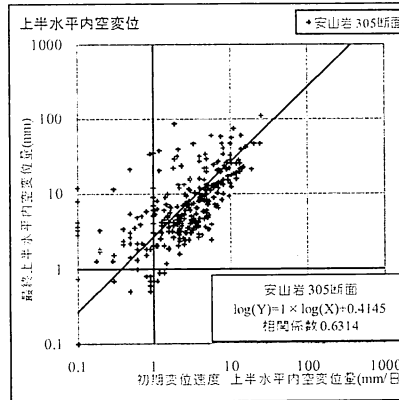


(d)第三紀層泥岩・頁岩（軟質岩・層状）

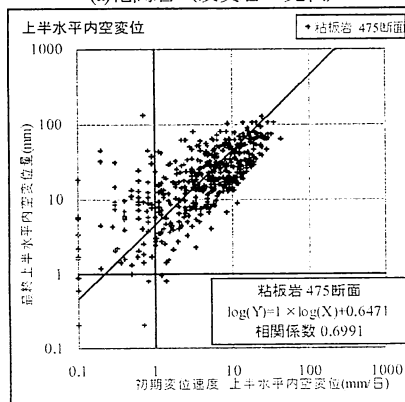
図-7 内空変位の初期変位速度と最終値の関係



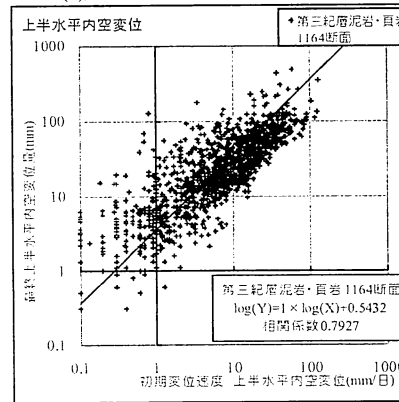
(a)花崗岩（硬質岩・塊状）



(b)安山岩（中硬質岩・塊状）

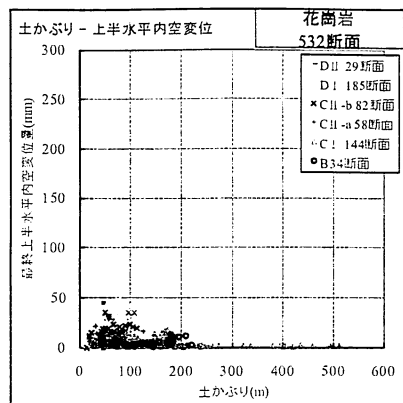


(c)粘板岩（中硬質岩・層状）

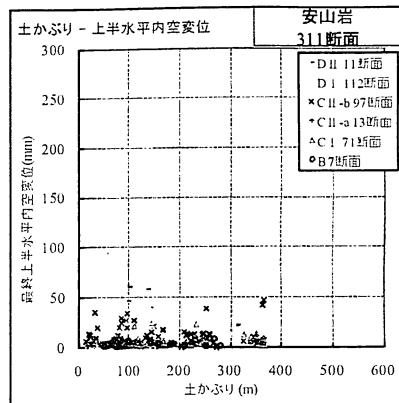


(d)第三紀層泥岩・頁岩（軟質岩・層状）

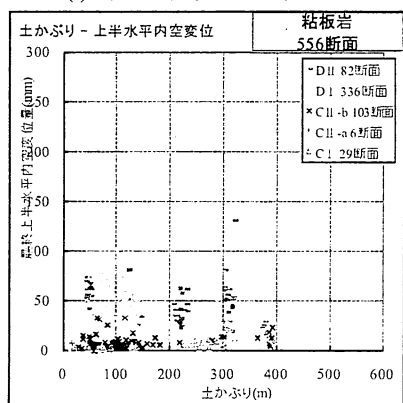
図-8 内空変位の初期変位速度と最終値の相関関係



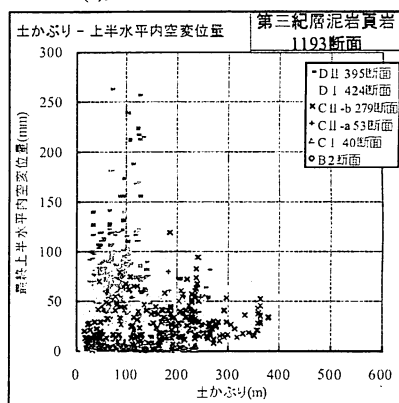
(a)花崗岩 (硬質岩・塊状)



(b)安山岩 (中硬質岩・塊状)

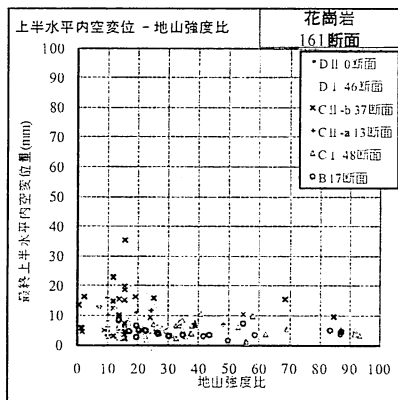


(c)粘板岩 (中硬質岩・層状)

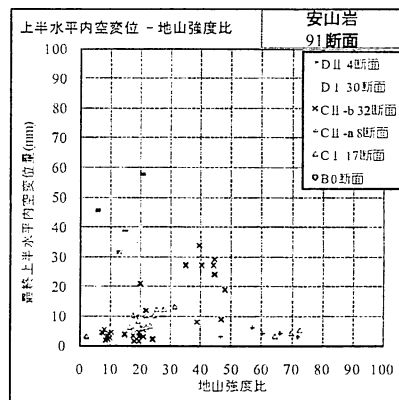


(d)第三紀層泥岩・頁岩 (軟質岩・層状)

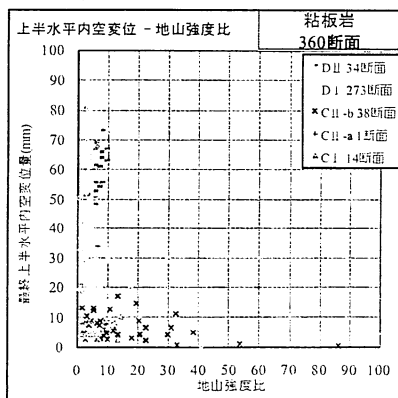
図-9 土かぶりと内空変位量



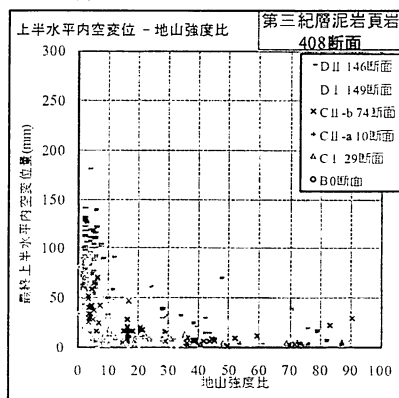
(a)花崗岩 (硬質岩・塊状)



(b)安山岩 (中硬質岩・塊状)



(c)粘板岩 (中硬質岩・層状)



(d)第三紀層泥岩・頁岩 (軟質岩・層状)

図-10 地山強度比と内空変位量

- ・粘板岩では、支保量が比較的小さい場合は土かぶりに依存していないが、DⅠ、DⅡでは100m付近や300m付近で変位量が大きくなっている。
- ・第三紀層泥岩・頁岩では、支保量が比較的小さい場合は土かぶりに依存していないが、支保量が多いDⅠ、DⅡは100m付近で変位量が大きなピークがある。
- ・第三紀層泥岩・頁岩では、土かぶり200m以上となるとDⅡは少なくなり、地山の安定性が向上していることが伺える。
- ・全体として支保量が比較的小さい場合は土かぶりに依存していない。粘板岩と第三紀層泥岩・頁岩のDⅠ、DⅡは大きな変位量も生じているが、土かぶりのみでは説明ができない。

e) 岩石ごとの地山強度比との関係

内空変位について、地山強度比と最終値の関係を図-10に示す。ここでの地山強度は切羽付近での岩石を採取し、一軸圧縮試験やポントロード試験で求めたものである。

- ・花崗岩では、地山強度比に依存しない。
- ・安山岩では、DⅠ、DⅡでは、地山強度比が10付近で大きな変位を示すものもみられた。
- ・粘板岩では、支保量が比較的小さい場合は地山強度比

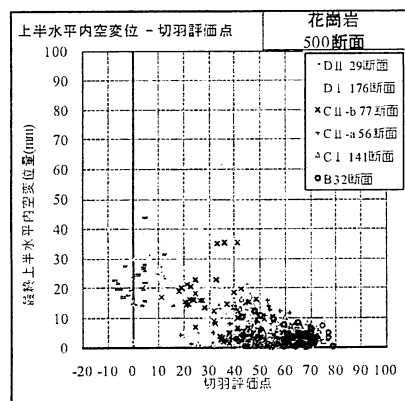
に依存していないが、DⅠ、DⅡでは、10以下で変位量が50mmを超えるものが多くみられた。また、地山強度比が10以上あれば大きな変位量は生じていない。

- ・第三紀層泥岩・頁岩では、支保量が比較的小さい場合は地山強度比に依存していないが、DⅠ、DⅡでは、10以下で大きな変位量のものも多くみられた。また、10以上あれば、100mmを超える変位量は生じていない。
- ・粘板岩と第三紀層泥岩・頁岩のDⅠ、DⅡは地山強度比で評価すると変位量を現場管理する上で現実的な指標であるといえる。

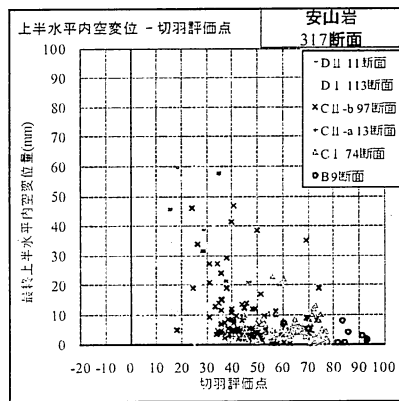
f) 岩石ごとの切羽評価点との関係

内空変位について、切羽評価点と最終値の関係を図-11に示す。NEXCOでは切羽評価点は支保選定の目安として現場で運用されている。

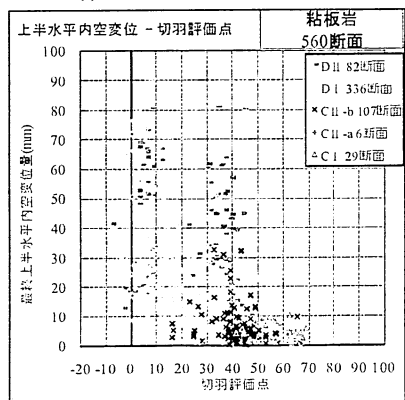
- ・4つの岩石とも、評価点のレンジにほぼ応じて支保パターンが選ばれている。
- ・いずれも評価点が高いと変位量も小さい傾向となっている。支保パターン選定のレンジの下限に近いと変位量は大きくなる傾向となる。
- ・以上から、支保パターンごとでの分布領域が、支保パターンが重くなるにつれ、変位量の幅を広げながら多少ラップしながら移り変わる傾向となっている。



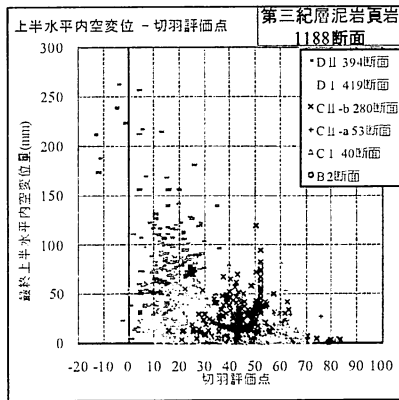
(a)花崗岩（硬質岩・塊状）



(b)安山岩（中硬質岩・塊状）

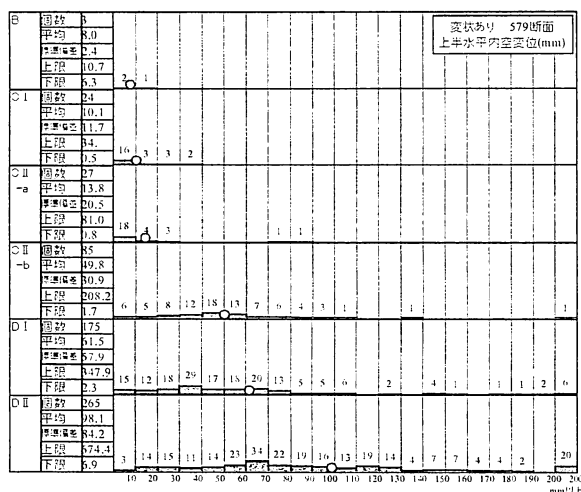


(c)粘板岩（中硬質岩・層状）



(d)第三紀層泥岩・頁岩（軟質岩・層状）

図-11 切羽評価点と内空変位量



- ・全体的に評価点による支保パターン選定は問題なく運用されている．しかし，D I，D IIは混在し評価点での区分は困難である．

q) 支保の変状

内空変位について、変状ありの場合の支保パターン別に頻度分布を図-12、岩石ごとの割合を図-13に示す。ここで支保の変状とは、DBの項目の中でロックボルトの変状、吹付けコンクリートの変状、鋼アーチ支保工の変状などをいう。岩石ごとに内空変位に対応し、変状の頻度分布を表-3に示す。(表中の岩石名ハッチは、収集された断面数(表-2)に対する変状あり断面数の割合が10%以上を示す)

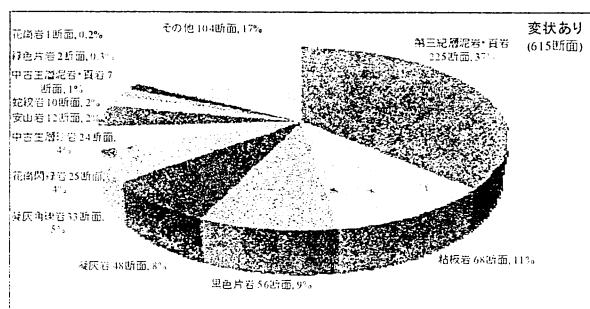
- ・ 支保パターンごとに見ると、DIIが最も多く1/3以上を占めている。ここで示した変位量は変状が発生した時点のものではない。最終の変位量の分布の幅は広い。
- ・ 岩石ごとに見ると、第三紀層の泥岩・頁岩が最も多く収集されており1/3以上を占めている。次いで、粘板岩、黒色片岩と層状岩盤が多い。
- ・ 全体として内空変位が大きく支保パターンが重くなるにつれて頻度分布が幅広くなる岩石、とくに堆積岩系において変状が多く発生している。これらについては十分に留意する必要がある。

4. おわりに

高速道路の2車線道路トンネルのこれまで蓄積してきた計測、観察データを用い、今回、内空変位量との関係に着目し、4つの代表岩石における変形挙動をマクロ的な視点から分析を行った。分析では支保パターン、初期変位速度、土かぶり、地山強度比、切羽評価点、支保の変状と最終変位量との関連性について整理した。その結

表-3 岩石ごとに変状あり場合の頻度分布

		上巻水内笠段(20m)																				平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	—
東 山 段	片礫岩	1				1																35.0
	石英片岩																					
	水内シフェルス																					
	中古生層砂岩	24	1	1			3	3	2	1		1	1	1			1	1	2			6 (37.1)
	礫岩																					
	石灰岩																					
	チャート	1					1															36.4
	礫れい岩	7	7																			3.9
	カンラン岩																					
	閃緑岩																					
中 山 段	花崗閃緑岩	25	15	2	2	2	2	2														16.9
	花崗岩	1										1										90.4
	輝緑岩																					
	石英斑岩																					
	蛇紋岩	10		1	1			1	1	1				2	1			1				86.7
	輝綠凝灰岩	1			1																	24.5
	角礫岩	1	1																			14.8
	第三紀層砂岩	20	4	1	1	3	4	3	3	2												43.4
	礫岩	8	2	1		2		1						1			1					43.4
	凝灰岩	48	10	8	2	3	2	2	5	4	3	2	2	1	2		1	1				51.1
西 山 段	グリーンタフ																					
	凝灰角礫岩	33					1	2	10	5	8	3	1	3								78.7
	火山噴出凝灰岩	7	4	1	1	1																12.2
	砂岩・粘板岩互層																					
	玄武岩																					
	安山岩	12	3		3		4	2														31.3
	石英安山岩																					
	輝緑岩	5	2	1	1	1																18.6
	斑岩	3		3																		24.2
	中 山 段	蛇紋岩	68	5	3	5	8	8	11	13	7	1		6	1							
中古生層泥岩・頁岩		6	2	1	1	2				1												24.5
千枚岩							1															41.4
黒色片岩		56	1	1	2	7	4	5	5	2	5	4	4	1	1	1	2		1	1	1	9 (25.9)
緑色片岩																						49.5
輝緑岩		16					1	1	1				3	4	2	1	2	1				129.6
第三紀層砂岩		224	2	16	10	20	18	24	21	12	12		5	6	4	2	1	2	1			279.6
礫岩																						
砂岩																						



果、支保パターンがランクダウンするごとに変位量の頻度分布が広がる堆積岩については、D I、D IIで大きな変位量が発生し、支保の変状の発生が多いことがわかった。これらを予測する上で、初期変位速度による最終変位量の予測、地山強度比の活用および切羽評価点による支保選定が有用であると考えられる。一方、花崗岩や安山岩のような塊状で変位の少ない岩石においては、地山強度比は考慮する必要がないと考えられる。今後は、地山の特性、もう少し細部に関し、力学的な挙動を含めた特徴を整理していく予定である。

参考文献

- 1) 中田雅博, 西村和夫, 中野清人: 岩石ごとの地山挙動に関する研究, トンネルと地下, 第29巻1号, pp.53-63, 1998.
- 2) 東日本, 中日本, 西日本高速道路株式会社: 設計要領第三集トンネル編, p.76, 2011.

ANALYSIS OF GROUND BEHAVIOR OF REPRESENTATIVE ROCK IN EXPRESSWAY TUNNEL

Kiyoto NAKANO and Shogo KUNIMURA

In the 3 company of NEXCO, the mountain tunnelling method is adopted as a standard construction method of the mountains tunnel. The construction of the tunnel is advanced aiming at reasonable construction while doing the construction control by the measurement to confirm the ground behavior around the tunnel and the effect of the support member and confirming the stability of the tunnel structure. After the mountain tunnelling method becomes a standard construction method, measurement result is collected and made a data base.

By using the construction data, arranging data systematically, and doing a quantitative evaluation, it is thought that analyzing the validity of a present face observation and the tendency of the ground behavior and the stability of tunnel and the validity of the support member etc. lead to reasonable further design and construction in the future.

It reports on the analysis of the displacement measurement in the tunnel section as construction control in daily as the first stage of the construction data analysis.