

国鉄 鉄道技術研究所 正 朝倉 俊弘・正 川上 義輝
 “ “ 正 馬場 富雄・正〇小野田 滋

1. はじめに

土砂地山や変形量の大きい軟岩地山に掘削されるトンネルにおいて、掘削直後の地山の変位挙動から、切羽の安定性の評価、最終変位量の予測ができれば、設計パターンの変更、補助工法の追加などの施工判断を早期に行うことが可能となり、手戻りの少ないより経済的かつ合理的な施工が実現できる。一方、NATM 計測実績の統計分析からも、計測開始直後の1日当りの最大内空変位量と内空変位収束値の間には正の強い相関が認められており、掘削直後におけるトンネル周辺地山の挙動を充分把握しておく必要がある。こうした観点から筆者等は初期変位測定装置を試作し、既報の通り各トンネル現場において初期変位速度の測定を行っているが、今回は、その後の計測結果について報告するとともに、初期変位速度測定断面における内空変位測定の分析結果についても考察するものである。

2. 初期変位速度測定結果

第一報の報告後に測定したトンネルは、新宇佐美トンネル (7 Km 700m 地点)、木与トンネル (556 Km 259m 地点)、大釈迦トンネル (469km 285m 地点) の3トンネル3地点である。

2.1 新宇佐美トンネル (7 km 700m 地点)

今回の測定は、北工区の坑口より85m 入った場所で行われたが、初期変位を検出することはできず、最終変位量も7mmと小さかった。これは土被りが約25mと薄く、地山の挙動が弾性範囲内にあったためと考えられる。なお、掘削はロードヘッダーであった。

2.2 木与トンネル (556km 259m 地点)

今回の測定は、風化花コウ岩 (マサ) のカ所で行なわれ、掘削直後の初期変位速度は $7.6 \times 10^{-3} \text{ mm/min}$ であった。掘削は上半がロードヘッダー、下半が発破で行なわれた。最終変位量は20mmであった。

2.3 大釈迦トンネル

(469km 285m 地点)

低固結の砂岩に掘削された

トンネルで、吹付け後における側壁での初期変位速度は $4.0 \times 10^{-4} \text{ mm/min}$ と小さな値であったが、鏡面は $6.0 \times 10^{-3} \text{ mm/min}$ であった。これは側壁が、支保工と吹付けコンクリートによって拘束されているのに対し切羽面は素掘りのままであり、かつ、開放スパンが大きいためと考えられる。なお、掘削はロードヘッダーで行なわれ、また、最終変位量は15mmであった。

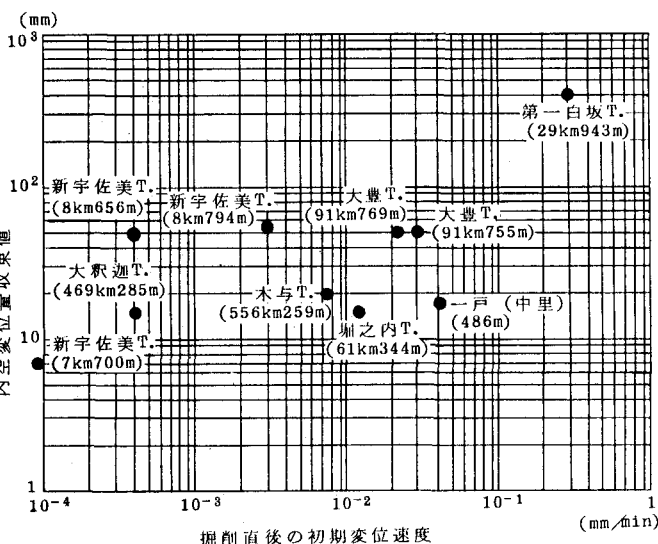


図1. 掘削直後の初期変位速度と内空変位収束値の関係

表1. 内空変位曲線の分析

トンネル名	地点	u = $\alpha_1 \cdot \exp(-\beta_1 \cdot l)$			v = $\alpha_2 \cdot \exp(-\beta_2 \cdot t)$			実測値	回帰直線
		α_1	β_1	r	α_2 ($\times 10^{-2}$)	β_2 ($\times 10^{-3}$)	r		
大 豊	91km755m	32	0.64	0.99	0.93	0.25	0.83	●	-----
大 豊	91km769m	26	0.49	0.99	1.06	0.36	0.93	○	-----
大釈迦	469km285m	5.3	0.75	0.95	0.16	1.18	0.83	△	-----
木 与	556km259m	2.6	0.35	0.84	0.39	0.34	0.93	×	-----

単位) u: mm, l: m, v: mm/min, t: min

これまで初期変位測定装置によって測定した変位速度と最終内空変位量の関係を総括して図1に示す。測定作業の安全上必ずしも掘削直後に測定できなかったこと、及び、内空変位量が大きい地山での測定例が少なかったことなどから、全体の傾向はばらついている。

3. 内空変位曲線の分析

地山の時間依存性変位挙動と掘削（応力開放）による変位挙動とを分離して評価するため、掘削後できる限り早期に測定ピンを取付け、通常用いられている内空変位計によって掘削の直前、直後に内空変位測定を行った。掘削と掘削の間における内空変位量を時間依存性の変位量として捉え、時間で除して変位速度に換算した。また、掘削の前後における内空変位量の差は掘削時の応力開放によって地山が変形することによる変位量が卓越すると考えられ、変位速度として示せないで変位量のまま扱った。この方法によりこれまでに測定したトンネルは、大豊トンネル（91km 755m 及び 769m 地点）、大釈迦トンネル（469km 285m 地点）、木与トンネル（556km 259m 地点）の3トンネル4地点である。測定されたデータをVoigt modelに基づくクリープ関数 $u = \alpha \cdot [1 - \exp(-\beta t)]$ の微分、 $du/dt = \alpha \cdot \exp(-\beta t)$ によって回帰させると係数 α 、 β 、および相関係数 r は表1のようになる。なお、時間依存性の変位挙動は経過時間（ t ）と変位速度（ v ）の関数として表わし、掘削による変位挙動は切羽との離れ（ l ）と掘削による変位量（ u ）の関数として表わした。時間依存性の変位挙動では、土砂トンネルである大釈迦トンネルが他の2トンネルと異った傾向を示している。

4. おわりに

初期変位速度、内空変位量解析とも測定例が充分でなく、具体的な地山評価方法を提案する段階には至っていないが、今後、変形量の大きい軟岩地山を中心としてさらに多くの測定データを蓄積して行きたい。

なお、測定に際しては各現場機関の方々に多大な御協力をいただいた。謝して結びとする。

【参考文献】

- 1) 吉川・朝倉他 “NATM 計測実績の統計分析” 第15回岩盤力学シンポジウム (1983.2)
- 2) 朝倉・高橋・川上・小野田 “トンネル切羽における初期変位測定” 鉄研速報No. A-83-66 (1983.6)
- 3) 朝倉・川上・小野田 “トンネル切羽付近における初期変位測定” 第38回土木学会年講 (1983.9)
- 4) 朝倉 “トンネルの内空変位測定とその評価” 応用地質学会シンポジウム (1983.5)

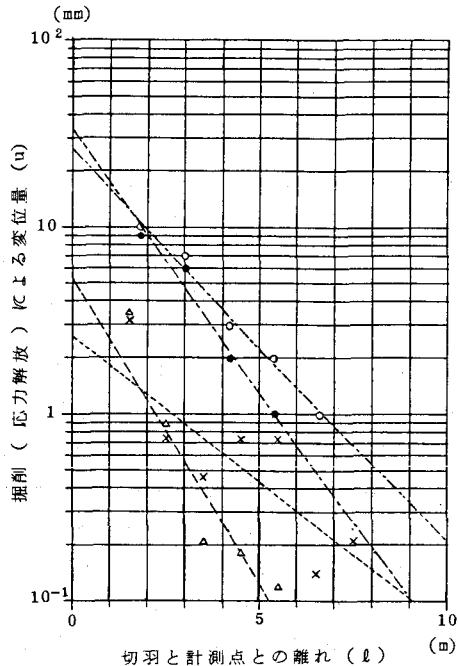


図2. 時間依存性変位の減衰

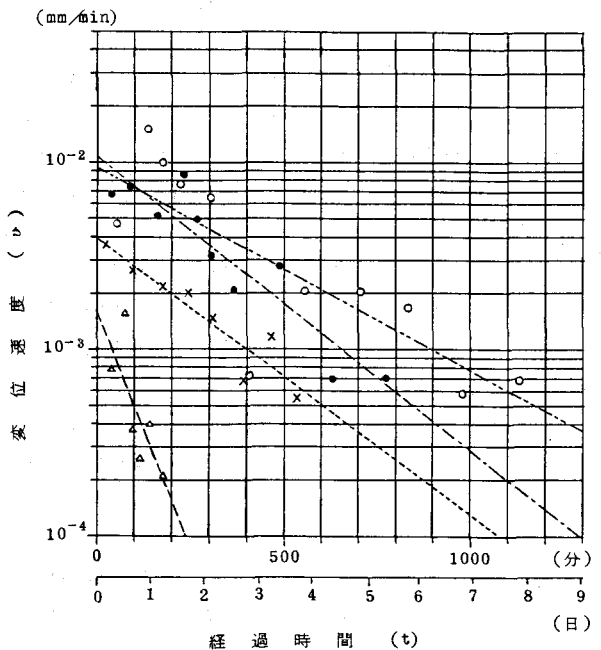


図3. 掘削による変位量の減衰