

国鉄 鉄道技術研究所 正員 ○朝倉 俊弘
 同 上 正員 川上 義輝
 同 上 正員 小野田 滋

1 はじめに

トンネル工事の現場における計測システム（計測計画、計測作業、解析、設計・施工へのフィードバック等を含む）の現状は、岩盤力学的な観点からの理想の状態には到達しておらず、各現場で個々に模索しているのが実情といえる。その原因は、NATMの基本的概念である支保の反力と地山の変形特性の関係が抽象的な表現でしか示されておらず、個々の現場の地山条件に応じた管理基準が具体的な数値、あるいは手順として準備することが難しかったためであると考えられる。さらにトンネル周辺地山の変位分布、支保部材の

応力状態等の経時変化から総合的な検討を加えて判断を下すためには、かなりの日数を要するので、必要な対策が遅れがちであることも考えられる。迅速な判断を必要とする日常の施工管理のためには、計測A（坑内観察調査、内空変位測定、天端沈下測定）を積極的に活用する必要がある。

本研究は、内空変位測定による施工管理の補助手段として、掘さく直後の変位速度の変化により、地山の力学特性を知り、最終変位予測に役立てようとするものである。

2 トンネルの内空変位量と変位速度

ベンチ工法の場合の内空変位量とその変位速度の変化を図1に概念的に示した。地山条件や施工法等によって掘削による変位速度の変化のしかたは異なるが、特に膨圧が生じるような地山では、掘削後、可能な限り早く最終変位を予測し、予測変位に応じた施工する必要がある。

最終変位量を予測する方法は種々提案されている。図2は掘削後の初期の内空変位量により最終変位量を予測するために、両者の関係を両対数紙上に示したものでよい相関を示している。この図は種々の地山条件の測定結果をもとにしているが、地山条件による相関性の差異を検討することによりさらに予測精度は向上するものと考えられる。

本研究は内空変位測定の初期値が読み取られる以前に、すなわち掘削直後に、トンネル壁面の押し出し速度から最終変位予測を推定するための初期変位測定装置による現場測定例を示したものである。なお、変位量の大きいトンネルだけでなく、掘削後のゆるみによる変位の速度と地山物性の関係から土砂トンネルにおいても施工管理に利用できるのではないかと考え、シールドトンネルを含む土砂トンネルでも測定を実施した。（初期変位測定装置は、図3に示すように、変位検出部、増幅部、記録部よりなっている。）

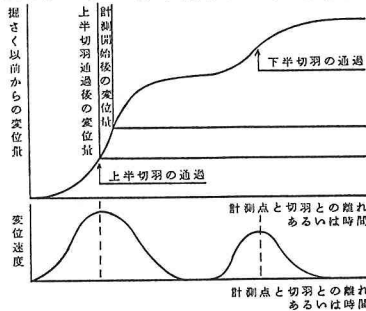


図1 内空変位量・変位速度の変化（ベンチ工法の場合）

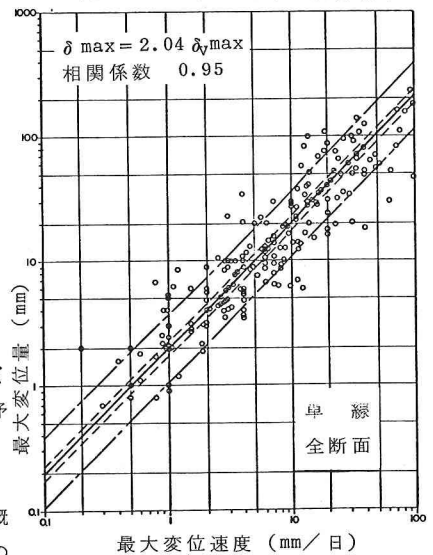


図2 最大変位量—最大変位速度関係図

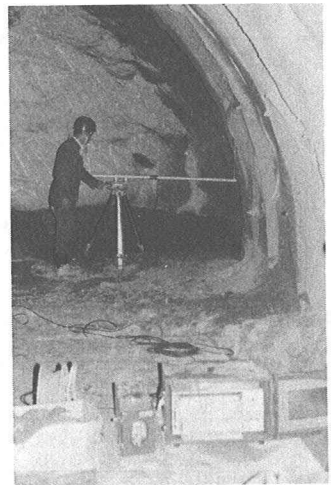


図3 現場測定状況（新宇佐美トンネル）

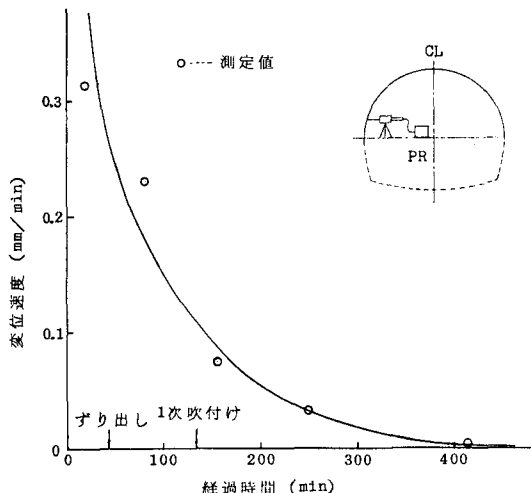


図4 初期変位速度の変化 (第1白坂トンネル 29km943m)

3 各種地山における測定結果

3-1 変位の大きい軟岩トンネルにおける測定

図4は篠ノ井線第1白坂トンネルにおける掘削直後から内空変位測定初期値読取りまでの変位速度の変化を示したものである。地質は破碎された泥岩で土被り125mの位置の測定で、側壁片側で400分間に約40mmの変位が出ている事がわかる。最終内空変位量は約400mmであった。

3-2 土砂トンネルにおける測定

図5に成田新幹線堀ノ内トンネル、及び成田空港トンネルの測定結果を示す。堀ノ内トンネルでは掘削後の水頭差による水の浸出により、トンネル壁面のゆるみが促進されて変位速度が増大している。

3-3 シールドトンネルにおける測定

図6に東北新幹線第2上野トンネルの薬注区間での測定例を示す。注入、山留ジャッキ、先進導坑等により掘削後の変位は抑制されている。

3-4 割れ目の多い硬岩トンネルにおける測定

図7は土讃本線大豊トンネルにおける測定結果である。土被りは約100mで、地質は古生層の粘板岩で破碎されている。掘削後1サイクル目の初期変位測定、及び2サイクル目以降の密な内空変位測定(変位量を経過時間で除して速度を算出)の結果を重ね合わせたものである。発破直後に急激に変位が生じ、時間依存性の少ないことが読み取れる。

4 おわりに

初期変位測定装置を用いて掘削直後の変位速度を測定した。これにより、今後さらに各種の地山での測定を重ねる必要はあるが、早期の最終変位予測、土砂トンネルの切羽安定性の評価等に有効であることがわかった。

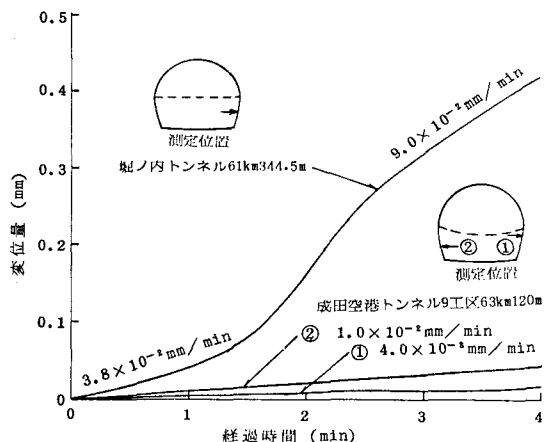


図5 初期変位測定結果 (成田新幹線のトンネル)

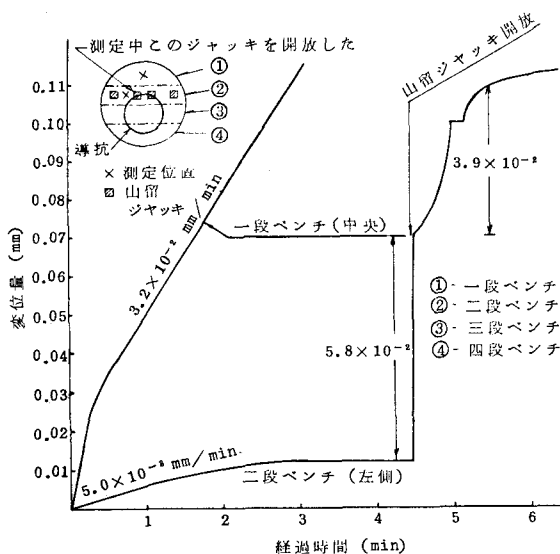


図6 初期変位測定結果 (新幹線第2上野トンネル 東京起点4km800m)

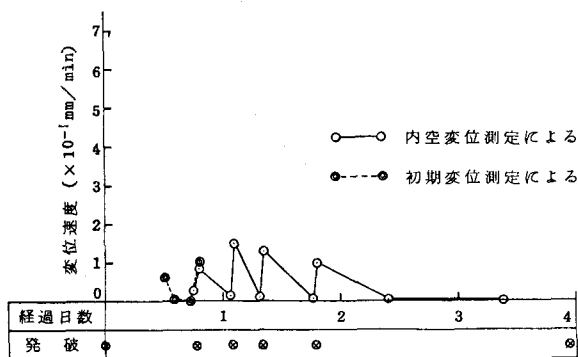


図7 変位速度の変化 (大豊トンネル91km755m)