

大阪大学工学部 学生員 ○山仲 俊一郎 大阪大学大学院 正会員 谷本 親伯
大阪大学大学院 学生員 田島 裕樹 大阪大学大学院 学生員 津坂 仁和

1. はじめに NATMにおけるトンネル施工時には、日々のモニタリングにより施工管理が行われている。しかし、現状として、トンネル掘削により大変状が発生し、再掘削を余儀なくさせられているなどの問題が発生している。そのため、モニタリングのデータを今後の施工に役立つように評価を行い、日々のモニタリングによる施工管理にフィードバックさせる必要がある。

一方、トンネル掘削時の大変状の発生に対しては、早期に変状を予測し、変状抑制対策を行うことにより、効率的なトンネル施工を行ことができる。そこで、本研究では、大変状が発生した南紀地区のA・Bトンネルの、モニタリングデータであるコンバージェンス計測データを用いて、初期変位速度と最終変位量の関係を示した。この結果を考察することにより、同様の地質や施工時に、初期変位速から最終変位量を予測する際の目安とすることを目的とした。

2. 対象トンネルについて 図1・2において対象トンネルのトンネル縦断距離(T.D.)と変位量、および土被り比(土被りをトンネル径で除したものの)の関係を示した。

まず、Aトンネル(延長943m、トンネル径約12m)の地層は、T.D.570mを境に、頁岩優勢層と、砂岩優勢層に分かれている。Aトンネルでは、砂岩優勢層で、地山の強度が低い区間が存在し、T.D.750m～820mの約70mで大変状が発生した(図1参照)。また、変状発生後、補助工法等を用い変状の抑制を図っている。

一方、Bトンネル(延長1704m、トンネル径約12m)の地層は、主に頁岩優勢層からなる。Bトンネルの頁岩優勢層は地山の強度が低く、T.D.210m～280mの約70mの区間で大変状が発生している(図2参照)。また、変状発生後は補助工法を用い変状の抑制を図っている。

3. 初期変位速度の算出について 本研究では、谷本ら¹⁾が(1987)、トンネル切羽が0.3D(D:トンネル径)進行した時点での、コンバージェンスの変形率から、最終変位量と支保工に作用する関係をまとめた表1(以降、既往の分類と表現する)と、実際に算出した初期変位速度と最終変位量の関係を比較し、対象トンネルにおける既往の分類の適用性について検討を行った。また、谷本ら¹⁾は、コンバージェンス計測による変形率を0.3Dで整理した理由として、以下3つの点を指摘している。i)トンネル切羽面の有する縦断面でのアーチ効果(半ドーム効果)が薄れる。ii)支保工の内圧不足が予想された場合、補強のタイミングを逃さない。iii)地山の条件が良い場合には、一掘進長が0.3Dになる場合がある。

そこで、本研究では、以下に示す2つ方法で初期変位速度を算出し、初期変位速度と最終変位量の関係を

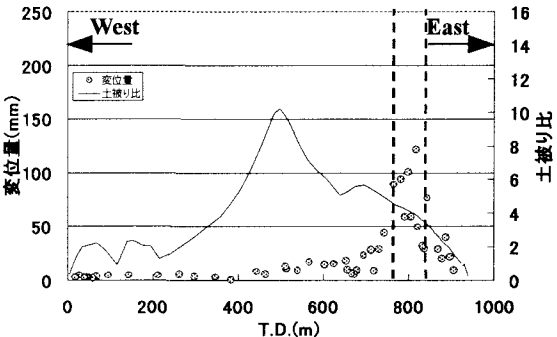


図1 Aトンネル縦断距離と変位量の関係

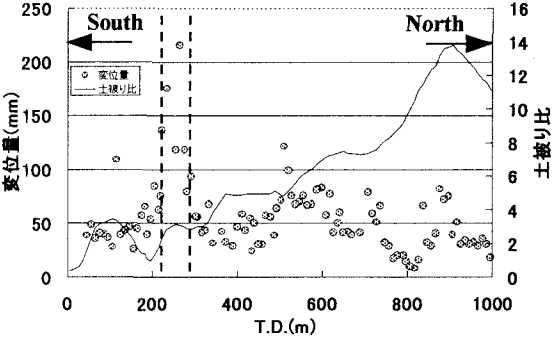


図2 Bトンネル縦断距離と変位量の関係

表1 初期変位速度、最終変位量、支保荷重の関係(既往の分類)

Class	Support Load	Initial Deformation Rate (mm/0.3D)	Observed Deformation ΔD/D (%)	Estimated Support Pressure Pi (MPa)
I	Slight	less than 0.3	less than 0.05	less than 0.1
II	Medium	0.3～2	0.05～0.3	0.1～0.3
III	Heavy	2～7	0.3～1	0.3～0.6
IV	Very Heavy	7～15	1～2	0.6～1
V	Extremely	over 15	over 2	over 1

比較した。方法 1：計測開始時の上半切羽離れでの計測点と、切羽が進んで最初に計測された点を結んだ直線の傾きを 0.3D 倍した値を初期変位速度とみなす(以降、初期変位速度 I と表現する)。方法 2：上半切羽離れが 0.3D を挟み、0.3D に最も近い 2 点で直線を引き、直線上に 0.3D 地点の変位を求める。0.3D 地点での変位と、計測開始時の上半切羽離れでの計測点と直線で結び、その直線の傾きの 0.3D 倍した値を初期変位速度とみなす(以降、初期変位速度 II と表現する)。

4. 結果と考察 A・B トンネルにおいて、初期変位速度 I・II と最終変位量の関係を図 3, 4 に示した。なお、縦軸の $\Delta D/D(\%)$ は最終変位量(ΔD)をトンネル径(D)で除した百分率の値である。また、両図中に実線で既往の分類で示された、各等級の範囲を示す。それぞれのトンネルにおいて、初期変位速度 I・II を比較すると、初期変位速度 II の方が最終変位量との関係において、ばらつきが少なく良い関係が得られている。また、A トンネルにおいては、全体的に既往の分類に比べ初期変位速度が大きくなっている。その原因として、ベンチ長が短いために、初期変位速度の算出時に、下半切羽掘削に伴う変位が生じており、初期変位速度が最終変位量に対して、大きくなったことが考えられる。実際、ベンチ長を比較するために、下半切羽の計測

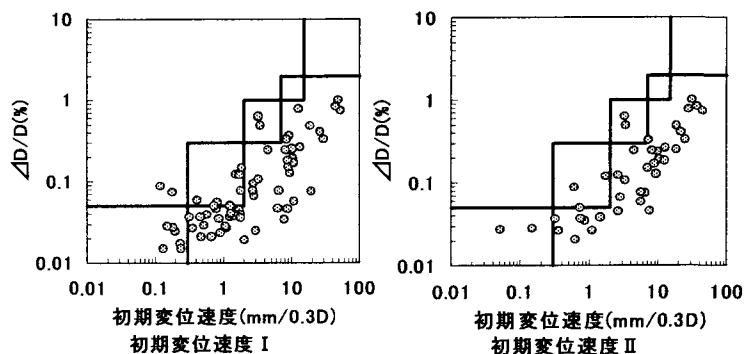


図 3 A トンネルにおける初期変位速度と最終変位量の関係

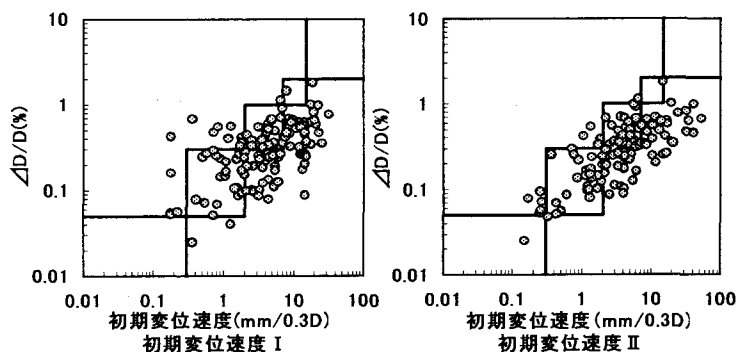


図 4 B トンネルにおける初期変位速度と最終変位量の関係

点通過時の上半切羽離れを調べてみたところ、A トンネルでは平均 5.5 m であるのに対して、B トンネルでは平均 45.3m であった。したがって、A トンネルのベンチ長が、B トンネルのベンチ長に比べ、短いことがわかる。また、ベンチ長が長い断面でも、補助工法等より、変位が抑制され既往の分類に適合しない状況も考えられる。そこで、ベンチ長の長い B トンネルにおいて、補助工法を用いていない区間での、初期変位速度と最終変位量の関係を示した(図 5 参照)。また、その際、最も良い結果の得られた初期変位速度 II を用い、初期変位速度と最終変位量の関係を示した。その結果、上記した区間では、初期変位速度と最終変位量の関係が、概ね既往の分類に適合することが分かった。

5. まとめ 本研究では、南紀地区に施工されたトンネルにおいて、初期変位速度 II の算出方法を用いると、ベンチ長が十分長く、補助工法を用いていない施工条件において、既往の分類が初期変位速度から最終変位量を予測する際に、目安となることがわかった。

[参考文献]

- 1) 谷本親伯・畠昭治郎(1986)：原位置岩盤強度とトンネル支保工の規模，第 7 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp367～372.

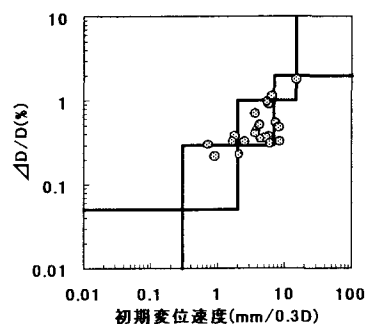


図 5 B トンネルにおいて補助工法を用いていない区間