

南紀地区トンネル最終変位置予測方法に関する研究

大阪大学 学生員 ○山仲 俊一朗 大阪大学 正会員 谷本 親伯
大阪大学 学生員 田島 裕樹 大阪大学 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っていくことができる。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置量の関係を示した。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置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()と変位置量、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、補助工法を用い変位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位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、最終変位置量と支保工に作用する荷重の関係をまとめた表 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置量の関係を比較し、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。

①トンネル切羽面の有する縦断面でのアーチ効果(半ドーム作用)が薄れる。

②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。

③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、以下の 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置量の関係を示した。

キーワード：NATM、コンバージェンス計測、最終変位置量、初期変位速度

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL 06-6877-5111(3521)

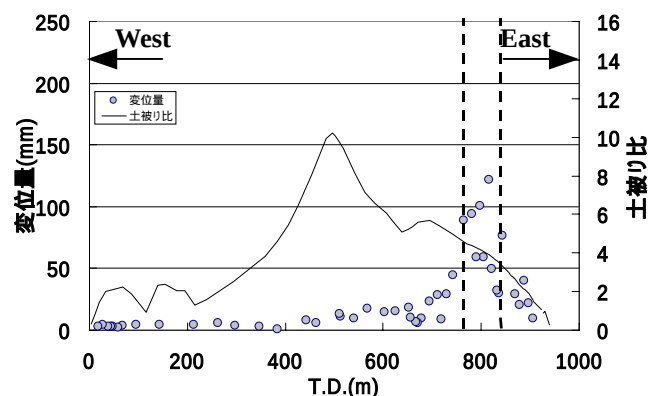


図 1 A トンネル縦断距離と変位置量の関係

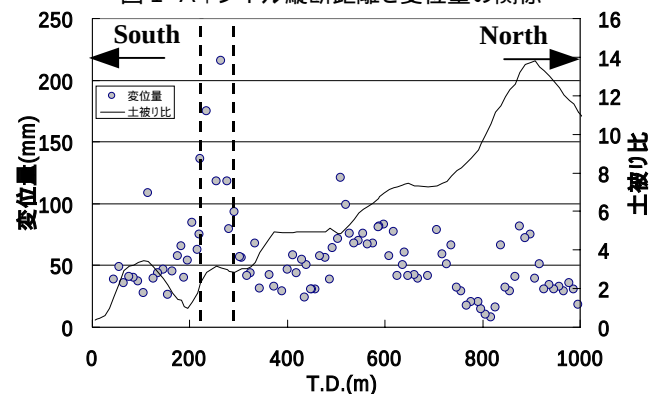


図 2 B トンネル縦断距離と変位置量の関係

表 1 初期変位速度、最終変位置量、支保荷重の関係(既往の分類)¹⁾

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

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 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 と表現する)。

4. 結果と考察 A・B トンネルの各断面における, 初期変位速度 と最終変位量の関係を図 3 に示した。なお, 縦軸の $D/D(\%)$ は最終変位量(D)をトンネル径(D)で除した百分率の値である。また, 同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。初期変位速度 と最終変位量とを比較すると, 初期変位速度 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。

しかし, 初期変位速度 においても, 既往の分類にあてはまらない計測点が多く存在している。その原因として, 以下二つの理由が考えられる。

)補助工法等の採用により, 既往の分類に比べ変位が抑制され, 既往の分類に適合しない。

)ベンチ長が短いために, 初期変位速度算出時に, 下半掘削に伴う下半切羽の有する半ドーム作用の減少による変位が生じ, 初期変位速度が既往の分類に比べ大きくなり, 既往の分類に適合しない。

そこで, 図 4 において, 補助工法を

用いていない断面で, ベンチ長が 2D より長い断面と, 短い断面に分けて, 初期変位速度と最終変位量の関係について示した。ここで, ベンチ長を 2D で分けた理由は, トンネル掘削時には, 計測点をトンネル切羽が通過する以前に生じる, 先行変位を考慮する必要があり, 谷本²⁾は, 切羽の進行に伴うトンネル壁面の変位を計算し, 弾性体ではトンネル断面は切羽面前後 2D の範囲で初期応力状態から最終状態に至るとしている。そのため, ベンチ長が 2D 以上長い断面では, 初期変位速度算出時には, 下半切羽の掘削による変位が生じにくいと考えられるためである。その結果, ベンチ長が 2D 以上の断面では, 概ね既往の分類に適合しているのに対して, ベンチ長が 2D 以下の断面では, ほとんどの断面が, 既往の分類に対して, 初期変位速度が最終変位量に比べ大きくなっていることが分かる。

5. まとめ 本研究では, 大きな変位の発生した, 南紀地区のトンネルのコンバージェンス計測データを用い, 初期変位速度と最終変位量の関係を示し, 既往の分類との比較を行った。その結果, ベンチ長が 2D 以上長く, 補助工法を用いていない断面において, 既往の分類が適合し, 初期変位速度から最終変位量を予測する際の, 目安となることが分かった。

[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。
- 2) 谷本親伯・畠昭治郎(1982): 切羽周辺での地山挙動を考慮したトンネル支保の基本的概念, 土木学会論文報告集 325 号 pp. 93~101。

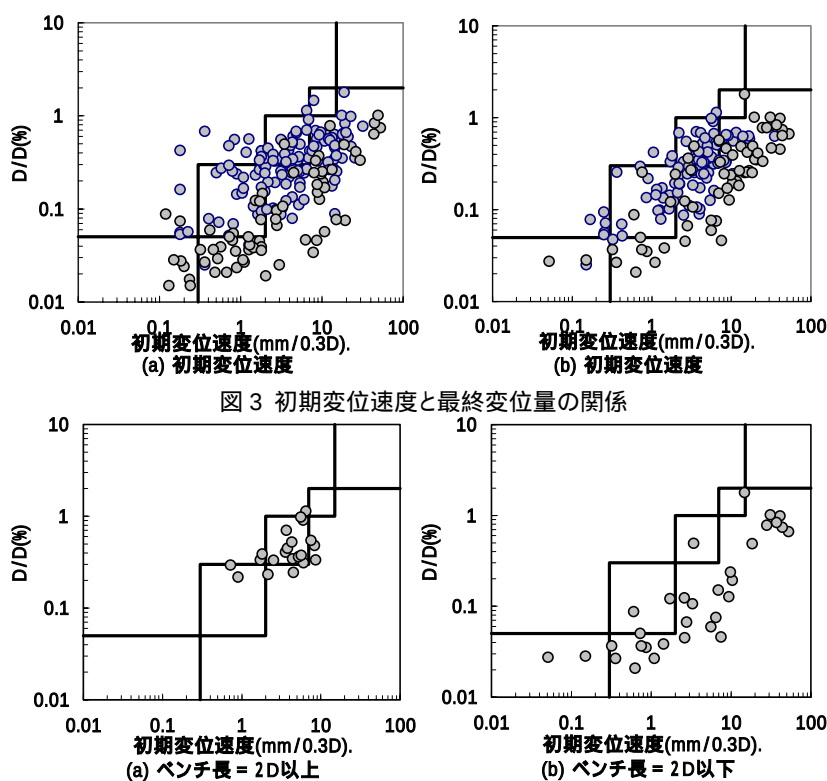


図 3 初期変位速度と最終変位量の関係

図 4 ベンチ長を 2D で分けたときの初期変位速度と最終変位量の関係