

山岳トンネルの観測施工における地山の变形機構に関する研究

大阪大学大学院 学生会員 阪本 良夫  
 大阪大学大学院 正会員 谷本 親伯  
 大阪大学大学院 正会員 青木 俊彦  
 大阪大学大学院 正会員 川崎 了  
 大阪大学大学院 学生会員 田島 裕樹

1. はじめに

NATMがトンネル施工で採用されて以来、現在では山岳部におけるトンネル標準工法の1つとなっている。しかし、特殊な地山条件におけるトンネル施工においては、現在もなお大きな変状等の発生が報告されており、情報化施工としてのNATMは発展途上段階であることがわかる。今回、スレーキング特性が顕著であった和歌山地区(NATM 施工)と東海地区(TBM 施工)のトンネル施工において、トンネル周辺の地山挙動に大きな違いが見られた。そこで本報告では、トンネル掘削時の周辺地山挙動を示し、計測結果による分析を行った。

2. 和歌山地区トンネルの地山性状と地山挙動

和歌山地区トンネルは現在施工中の延長約950mの2車線断面トンネルである。掘削断面積は約100m<sup>2</sup>(トンネル掘削幅12m、トンネル掘削高9m)の扁平断面である。掘削工法は上半ベンチカット工法を採用している。対象とする地山状況は、古第3紀中期の砂岩、頁岩の互層から形成されており、下位より3つの累層に分かれている。

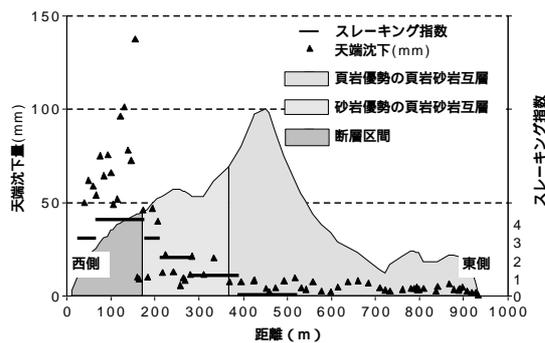
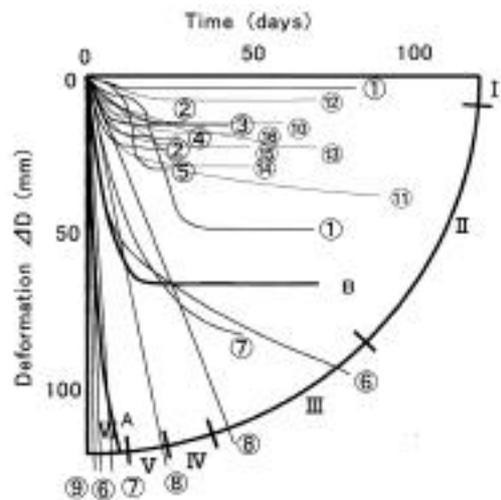


図 2.1 地質縦断図と天端沈下量の関係

図 2.1 は地山性状と天端沈下量、スレーキング指数の関係を示した図である。当トンネルでは簡易スレーキング試験法によりスレーキング性を 0~4 のスレーキング指数で評価している。同指数は 4 に近づくほどスレーキング性が顕著であったことを示している。図 2.1 に示す

断層区間はトンネル掘削時の切羽観察により得られた知見である。同図より、天端沈下量の大きさは地山分布やスレーキング指数の分布に明瞭に符合しており、切羽鏡に断層面が出現し、スレーキングが著しくなった区間において 40m~140mの大きな沈下が発生したことがわかる。



- ① 和歌山トンネル 和歌山
- ② 和歌山トンネル 和歌山
- ③ 和歌山トンネル 和歌山
- ④ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑤ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑥ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑦ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑧ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑨ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑩ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑪ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑫ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑬ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑭ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑮ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑯ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑰ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑱ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑲ 和歌山トンネル 和歌山
- ⑳ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉑ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉒ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉓ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉔ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉕ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉖ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉗ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉘ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉙ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉚ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉛ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉜ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉝ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉞ 和歌山トンネル 和歌山
- ㉟ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊱ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊲ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊳ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊴ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊵ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊶ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊷ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊸ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊹ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊺ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊻ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊼ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊽ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊾ 和歌山トンネル 和歌山
- ㊿ 和歌山トンネル 和歌山

図 2.2 初期変位速度と変形量の関係<sup>1)</sup>

図 2.2 は、断層区間において得られた初期変形速度と変形量の関係を整理して、これまでの NATM 事例と比較したものである。同図より、断層区間で発生した変状が他の大きな変状が発生した事例(図中 ~)とよく似た傾向にあることがわかる。このことから支保工の規模が不十分であり、変形量を大きく許しすぎていることがわかる。

図 2.3 は、天端沈下量と内空変位の収束位置(収束までの距離をトンネル掘削幅で除している)の関係を示し

キーワード：トンネル，NATM，TBM，スレーキング

連絡先：〒565-0871 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/FAX 06-6879-7558

た図である。同図より、断層区間における天端収束距離は内空収束距離より大きいことが分かる。このことからインバートの閉合効果は側壁方向に明瞭に出ているが、鉛直方向には効果的に作用していないことがわかる。この理由としては、インバート部と上半支保打設継ぎ目部の曲率が非常に小さいため、側壁方向にはインバートの閉合効果があるものの、鉛直方向には梁構造として作用しているだけで、アーチアクションの効果が発揮されていないためであると考えられる。

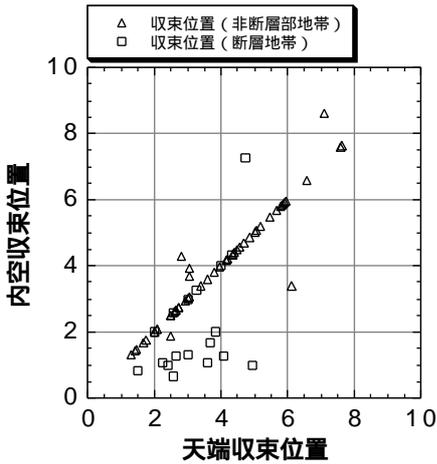


図 2.3 天端と脚部の収束位置関係図

3. 東海地区トンネルの地山性状と周辺地山挙動

東海地区トンネルは現在施工中の延長約 4600mで、TBM工法による掘削を行っているトンネルである。トンネルの断面形状は直径 5m の円形であり、支保部材はインバートライナーを用いている。TBMの諸元を表3.1に示す。対象とする地山性状は2つに大別され、東側は古第3紀新新世の砂岩・頁岩およびその互層からなり、西側は古第3紀中新世の礫岩・砂岩・泥岩が分布している。

表 3.1 TBMの諸元

形式	フルシールド型
掘削径	5.0m
機長	9.0m
本体重量	241t (台車も含めた全長は75m)
総出力	約1300Kw
推進ストローク	1.5m
ディスクカッター	個数35個、432mm、内取り付付け式、材質SNCN材
カッターヘッド	最大トルク235tfm (定格115tfm) 定格回転数7.5rpm (0.8~9.5rpmに可変速)
スラストジャッキ	最大スラスト力1660t (通常960t)
グリッパ装置	総押し付け力2040t、面圧25kgf/cm2
補助シールドジャッキ	4 x 100t (増設可能)
その他特殊設備	スクリュウコンベア設置可能、水平ボーリング可能、各種データの自動処理、自動運転可能

図 3.1 は、同トンネルの地山性状と実施されたスレーキング試験結果を示した図である。同トンネルではISRMに準拠した動的スレーキング試験を実施しており、0~

100 のスレーキング率で評価している。同指数は、100 に近づくほどスレーキング性が顕著であったことを示している。同図より、砂岩・頁岩互層区間においてスレーキング率が 25%程度を示しており、また T.D.2200m付近の層境においてスレーキング率が高いことが見てとれる。このことから、東海地区トンネルの対象地山は、先に示した和歌山地区トンネルと同様の地質特性を示していることがわかる。

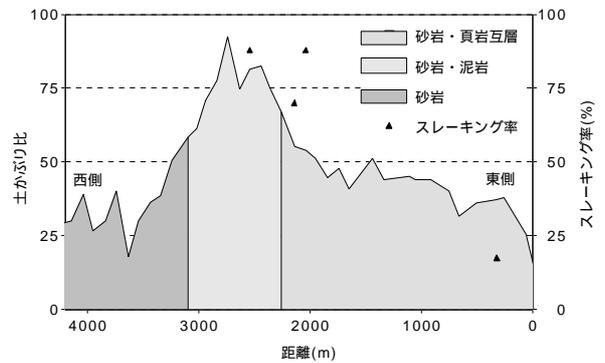


図 3.1 地質縦断図とスレーキング特性

トンネル掘削時の周辺地山の挙動は、トンネル全線にわたり、天端沈下量・内空変位共に大きくても 30mm 程度までであった。また、地質トラブルによるTBM停止は計4回あったものの、和歌山地区トンネルで生じたような、大きな変状はほとんど生じず、掘削はおおむね順調であった。この理由としては、円形断面の効果、TBM本体が一種の仮支保工としての役割を果たしたことによる早期閉合の効果によるものと考えられる。このことから、変形を抑えるためには、トンネル断面形状は円形に近いほど良く、また早期閉合を努めることが望ましいことがわかった。

4. まとめ

スレーキング性が顕著であった地山でのトンネル掘削による周辺地山挙動の実体を把握し、計測結果による分析を行った。得られた知見を以下にまとめる。

和歌山地区トンネルでは最小支保荷重を目指し、変形を許しすぎていたことがわかった。

変形を抑えるためには、トンネル断面形状は円形に近いほど良く、また早期閉合を努めることが望ましいことがわかった。

参考文献

1) 谷本親伯 : NATM における情報化施工、土と基礎、Vol.30、No.7、pp.63~70、1982.