

高応力下における超近接トンネルの挙動に関する一考察

ハザマ九州支店	正会員	○多宝	徹
ハザマ土木事業本部	正会員	日向	哲朗
ハザマ土木事業本部	フェロー	鈴木	雅行
鹿児島大学大学院	正会員	北村	良介

1. はじめに

近年、我が国における山岳トンネル工法の超近接トンネルは、施工実績が増加し、その施工方法も、中央導坑を先進させるめがねトンネルタイプから、無導坑で断面を閉合するタイプへと進化してきている。一方、超近接トンネルは坑口部付近で2本のトンネルの離隔をとれない場合に採用されることが多く、その施工実績の大半が小土被り条件下である。とりわけ、高応力、低強度地盤における施工実績はほとんどなく、このような条件下での、超近接トンネルの経済的かつ安全な設計・施工法の確立に向けた、今後の研究が求められるところである。

鹿児島市の新武岡トンネルでは、土被り 80m、一軸圧縮強度 20～100kN/m² 程度の低強度のしらす地盤において、超近接トンネルを掘削し、トンネル支保工および周辺地山の挙動について知見を得た。本稿では、これに考察を加え報告する。

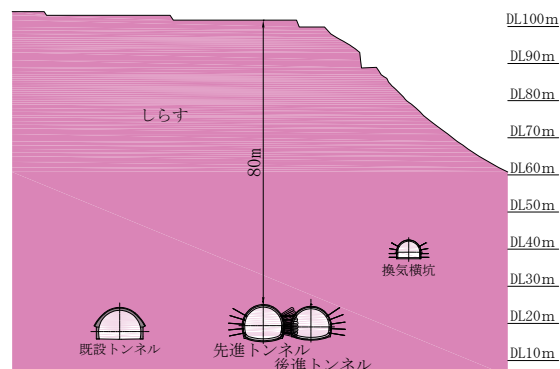


図-1 超近接トンネル部横断面図

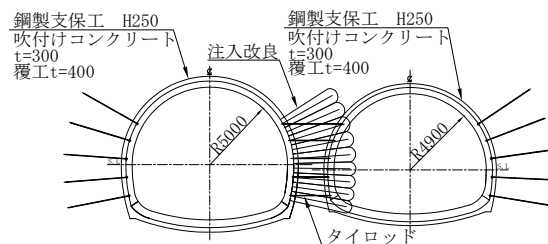


図-2 超近接トンネル支保パターン図

2. 超近接トンネル部の施工方法

図-1 に超近接トンネル部の横断面図を、図-2 に新武岡トンネルで採用した支保パターンを示す。

超近接トンネルは、2本の2車線道路トンネルを包含する超大断面トンネル(写真-1 参照)から発進させ、左右のトンネルの離隔は超近接トンネル発進位置において 0.7mで、発進位置から 50m先で約 5mとなる。

施工は、左側のトンネルを先行して掘削し、先進トンネル収束後に右側の後進トンネルの掘削を行った。離隔が 3m以下となる区間については、両トンネルとも補助ベンチ付き全断面掘削工法によるインバート一次閉合(図-3 参照)を実施し、トンネル周辺地山のゆるみを抑える対策を講じた。



写真-1 超近接トンネル発進部

3. 計測結果

左右のトンネルの離隔が 2.0mとなる位置のA計測結果(坑内変位)、B計測結果(支保工軸力)をそれぞれ、図-4、図-5に示す。図-4 より先進トンネルに発生する坑内変位は、先進トンネル掘削時と後進トンネル掘削時の2回にわたり大きな変位が発生している。

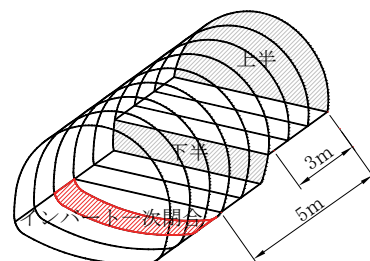
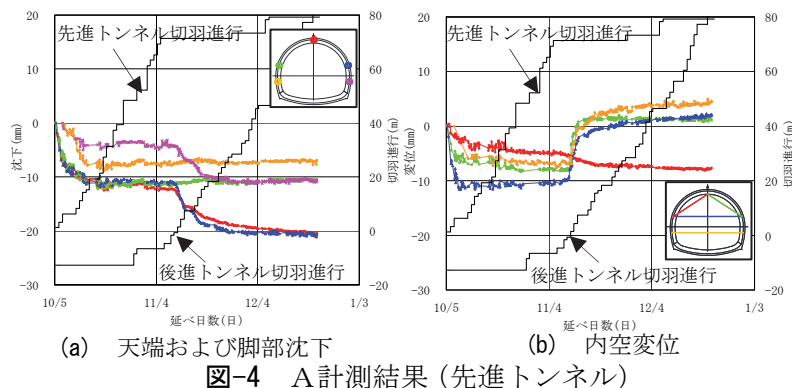


図-3 インバート一次閉合概念図

キーワード 山岳トンネル, 超近接トンネル, しらす, 未固結地山

連絡先 〒890-0034 鹿児島市田上七丁目 2-12 間・銭高特定建設工事共同企業体 TEL099-283-6670



4. 鉛直応力の支保工と地山の分担

図-5に示す上半脚部の軸力から、トンネルに载荷している荷重を推定すると表-1のようになる。载荷している荷重を土被りに換算すると、先進トンネル単独では、土被り高さ約15m、後進トンネル掘削後では土被り高さ約37mの大きな荷重が作用していることがわかる。

この結果から、トンネル掘削により変化した周辺地山の応力状態と支保工の関係について考察を行う。地山の応力は3次元方向に変化するが、ここでは、トンネルのSLで断面を水平に切って、鉛直方向の応力の変化のみについて検討を行う。

図-6(a)は、トンネル掘削前の応力状態で、土被り80m ($\gamma=16.0\text{kN/m}^3$)の荷重 $1,280\text{kN/m}^2$ が、断面に対して鉛直下向きに作用している。なお、反力として、同じ荷重が鉛直上向きに作用しているが、作図上省略している。また、掘削に伴う周辺地山の応力の変化は、トンネル近傍で大きく、トンネルから離れるほど小さくなるが、ここでは、現象を単純化して捉えるために、1Dの範囲で応力が均等に变化するものとして考える。

B計測結果から、先進トンネルの支保工は、後進トンネル掘削前に左右それぞれ $1,400\text{kN/m}$ 、 $1,800\text{kN/m}$ の荷重を支持しているので、それ以外の荷重がトンネルの左右1Dずつの地山に均等に分散されているとすると図-6(b)のようになる。

次に後進トンネルを掘削することにより、先進トンネルの支保工で分担する荷重は大幅に増加するが、後進トンネルそのものの支保工で分担する荷重はそれほど大きくない(図-6(c)参照)。これは、単独トンネルであれば、周辺地山がグランドアーチを形成して分担するはずの増加荷重が、先進トンネルの支保工に载荷されたものとも考えられる。

5. まとめ

今回は、低強度地盤での掘削であったことから、支保工に作用する荷重が大きく、荷重から周辺地山の応力状態を推定することができた。今後は、低強度地盤の特性を考慮した連続体解析等を用い、より詳細に応力状態を把握したいと考える。

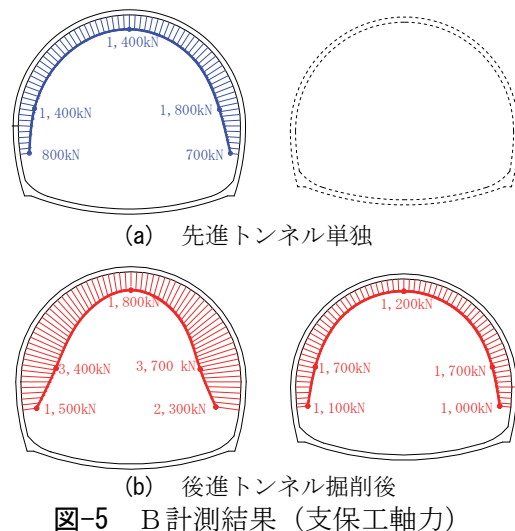


表-1 支保工の軸力と荷重

(a) 先進トンネル単独

	左半分 (左脚部)	右半分 (右脚部)
支保工軸力 ※	1,400 kN	1,800 kN
支保工で支持する荷重強度	230 kN/m ² (1,400kN/6m)	280 kN/m ² (300kN/6m)
支保工で支持する荷重の換算土被り高さ	14m (590kN/m ² /16kN/m ³)	19m (280kN/m ² /16kN/m ³)
トンネル上部の全土荷重	7,700 kN (16kN/m ³ ×6m×80m)	7,700 kN (16kN/m ³ ×6m×80m)
グランドアーチを形成して周辺地山で支持する荷重	6,300 kN	5,900 kN

(b) 後進トンネル掘削後

	先進トンネル	後進トンネル
支保工軸力 ※	7,100 kN (3,400+3,700 kN)	3,400 kN (1,700+1,700 kN)
支保工で支持する荷重強度	590 kN/m ² (7,100kN/12m)	280 kN/m ² (3,400kN/12m)
支保工で支持する荷重の換算土被り高さ	37m (590kN/m ² /16kN/m ³)	18m (280kN/m ² /16kN/m ³)
トンネル上部の全土荷重	15,400 kN (16kN/m ³ ×12m×80m)	15,400 kN (16kN/m ³ ×12m×80m)
グランドアーチを形成して周辺地山で支持する荷重	8,300 kN	12,000 kN

※支保工軸力:吹付けコンクリートと鋼製支保工の合成

