

発破振動予測と覆工応力増分を用いた供用トンネルの管理手法の提案 ～松山自動車道 明神山トンネル～

西日本高速道路(株) 四国支社 愛媛工事事務所 伊予工事区 正会員 ○當麻 泰史
西日本高速道路(株) 四国支社 愛媛工事事務所 伊予工事区 和田 吉憲

1. はじめに

松山自動車道松山IC～大洲ICの4車線化事業のうち、伊予IC～内子五十崎IC間の明神山トンネルは平成31年5月にトンネル掘削工事を着手した。明神山トンネル工事はトンネル延長が2,545m、掘削断面積が75m²の山岳トンネル工事であり、中央構造線の影響を受けた変化に富んだ複雑な地質を有しており、かつⅡ期線施工という供用線と並行した近接施工という厳しい条件下であった。

そのため、トンネル掘削が供用線に対して影響を与える可能性があり、施工時の挙動把握が重要であった。

本稿では、明神山トンネルの施工にあたり課題となった、供用線への影響軽減策および管理手法について報告する。

2. トンネル概要

明神山トンネルの地質縦断面図を図-1に示す。本稿において本トンネルを地質の異なる2つの区間、硬質な安山岩を主体とした発破掘削区間と、地すべり地山の不良地山区間を主体とした機械掘削区間に分けて述べる。

設計時の支保パターンは主にB～Cであり、一部にDを含んでいた。そのため掘削方法は、効率的な爆破掘削が採用されていた。一方でⅡ期線トンネルと供用線の離隔距離はトンネル掘削外径Dに対してトンネル中心間隔で3D程度と近接しており、既設トンネルに荷重や変位・変形等の影響が及ぶ可能性がある施工となっていた。また、供用線トンネル覆工の一部にはクラックがあり、トンネル掘削での発破振動が供用線トンネルの覆工コンクリートへ影響を検討する必要がある。

また、図-1の左側に示す貫通点側の250mは中央構造線の影響を受け、地すべり堆積物で構成された不良地山区間である。そのため、掘削による地山の安定性を評価する方法は種々あるが、周辺地山の変形モードが設計時の解析挙動と異なることや、安定性を定量的に評価する方法に温度の影響が大きくなるなど、実挙動を想定することが難しく、適切な管理基準値の設定が課題となった。

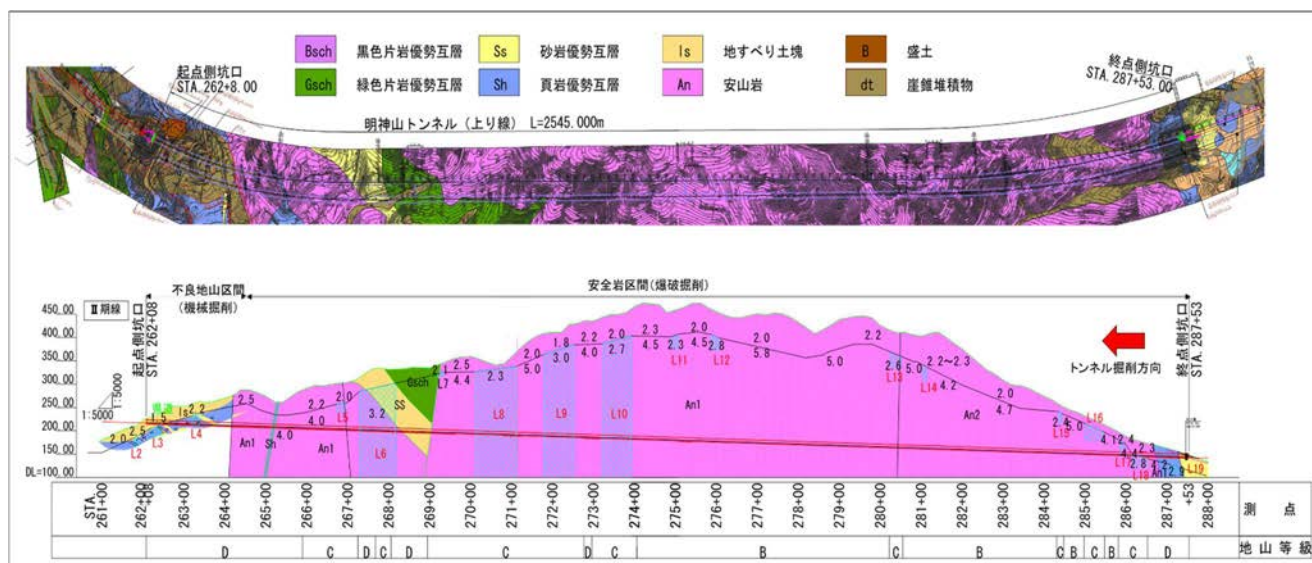


図-1 明神山トンネル(Ⅱ期線) 地質縦断面図

キーワード トンネル掘削工事、Ⅱ期線トンネル、発破振動予測

連絡先 〒790-0933 愛媛県松山市越智 3 丁目 3-25 西日本高速道路(株) 四国支社 愛媛工事事務所
TEL089-905-3911

3. 安山岩区間での発破による影響の軽減

一般に、地山の一軸圧縮強度に比例して火薬量は増加するため、発破振動も大きくなる傾向がある。

そこで試験発破を行い、その結果から最適な火薬量を設定することで発破振動を低減させた。

また、発破振動を抑制するための斉発薬量低減策として、図-2 のような段発発破器を採用した。

この結果、試験発破による最大斉発薬量の設定と段発発破器による分割発破により、最も厳しい許容振動速度 2.0cm/s¹)までに抑制することができた。

4. 不良地山区間での管理基準値の設定

II 期線トンネル掘削に伴う供用線への影響を抑えるためにその挙動を把握する必要があった。そこで、II 期線での A、B 計測の他に、供用線側トンネルに計測工を追加し、各箇所覆工応力の計測及び内空変位・天端沈下をリアルタイムで計測を行った。

4-1. 供用線の覆工応力・変位の設定

図-3 のとおり II 期線の掘削が供用線の計測位置に影響を与え始める位置の 2D 程度 (30m 手前) を初期値として、供用線の覆工応力増分 $\Delta\sigma$ および内空変位 $\Delta L1$ ・天端沈下 $\Delta L2$ の管理基準値を設定した。

4-2. II 期線の A 計測管理基準値の設定

II 期線の A 計測結果と図-3 の断面⑤における供用線覆工応力増分の関係性について、切羽進行に伴う両者の変化を計測し、相関を確認したところ図-4 のような直線的な相関結果が見られた。

これにより直線近似式から供用線覆工応力増分が管理基準値に至る際の変位量を求め、各断面において管理基準値として設定した。

上記の 4-1 および 4-2 で設定した新たな管理基準値は表-1 のとおりで、この実挙動を想定した管理基準値に基づき掘削を進め、無事貫通に至った。

5. おわりに

本工事では段発発破器の使用や、新たな管理手法を用いて安全かつ合理的に施工を行うことができた。
今後 4 車線化工事を進めていく上で同様の課題は増えていくと考えられるため、本稿において新たに検討した手法が活用されると幸いである。

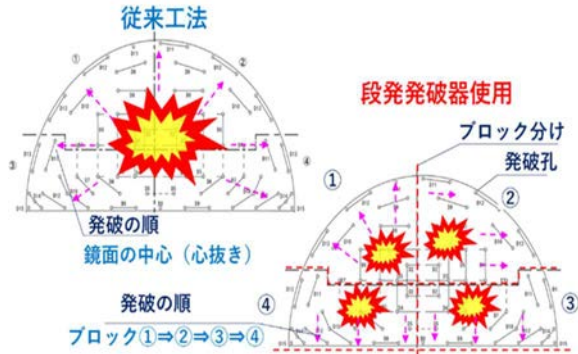


図-2 段発発破について

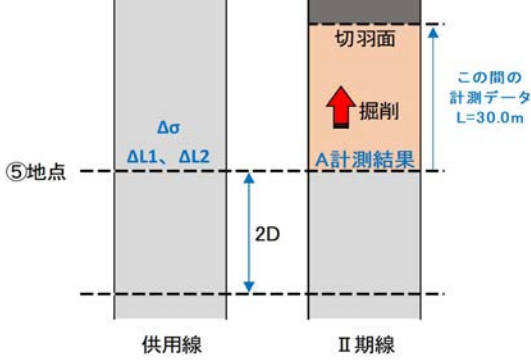


図-3 供用線覆工応力と II 期線 TN A 計測の概念図

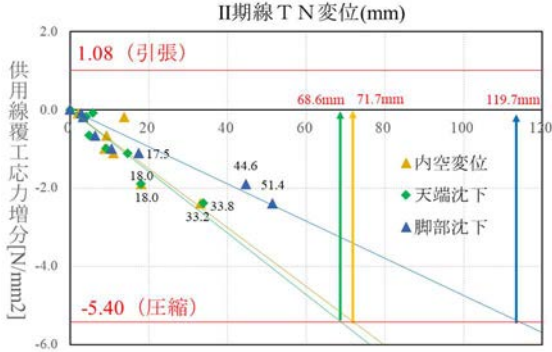


図-4 覆工応力増分から II 期線の管理基準値算出

表-1 見直し後の管理基準値

断面	管理測点	TD (m)	供用線計測										II 期線計測		
			圧縮 - (5.40N/mm ²)		引張 + (1.08N/mm ²)		内空変位 + (拡大 3.0mm)		内空変位 - (縮小 3.0mm)		天端沈下 (隔距 8.0mm)		天端沈下 (沈下 8.0mm)		脚部沈下
			初期値	管理基準値	初期値	管理基準値	初期値	管理基準値	初期値	管理基準値	初期値	管理基準値	初期値	管理基準値	
①	STA 262 + 20	2533	0.00	-5.40	0.64	1.72	0.80	3.80	-1.10	-4.10	0.00	8.00	-1.90	-9.90	
②	STA 262 + 69	2483	-0.70	-6.10	0.54	1.62	0.00	3.00	-1.70	-4.70	0.00	8.00	-0.30	-8.30	
③	STA 263 + 05	2448	-0.30	-5.70	0.66	1.74	0.00	3.00	-1.40	-4.40	0.00	8.00	-0.40	-8.40	-71.7
④	STA 263 + 40	2413	-0.86	-6.26	0.27	1.35	1.50	4.50	-1.30	-4.30	0.00	8.00	-0.80	-8.80	-68.6
⑤	STA 264 + 00	2352	-2.38	-7.78	0.00	1.08	0.50	3.50	-2.00	-5.00	0.00	8.00	-2.00	-10.00	-119.7

参考文献

石井隆明・渡邊浩延・伊藤敦信・木野村有亮：トンネルと地下 2022.9，発破振動予測と覆工応力増分を用いた供用トンネルの管理手法の提案