

III-390

土砂山における土被りの薄い 眼鏡トンネルの施工

備後池組 正会員 小野 紘一
備後池組 飼鳥 誠一
備後池組 正会員 O石川 恭義

1. はじめに

武雄佐世保道路内に位置する三川内トンネルは、上下線が隣接した眼鏡トンネルであり、その一部の地山はゴルフ場造成時の盛土、崖錐性堆積物よりなる土砂山で、しかも土被りが4～15mと非常に薄くなっている。このような土被りの薄い未固結地山でのNATM工法による眼鏡トンネルの施工実績はほとんどなく、またトンネル周辺地山の安定自体も懸念されたため、事前にFEM解析によって眼鏡トンネルの問題点および地山安定にとって有効な補助工法について検討を行ない、実施工に反映させた。本報告は、これらのFEM解析による検討内容、トンネルの施工概要およびトンネル施工時の挙動について紹介する。

2. トンネル概要

本トンネルは、上り線延長237.6m、下り線延長240.4mの眼鏡トンネルである。図-1は、本トンネルの標準断面図（側壁導坑先進工法断面）を示したものである。本トンネルでは、Ⅱ期線掘削時の地山安定を図るため、Ⅰ期線の二次覆工コンクリートの打設が完了した後にⅡ期線の上半部の掘削を開始した。

3. 眼鏡トンネルの問題点とその対策の検討

本トンネルにおいては、次のような問題点があった。

- ①土被りが薄い断面では、地山が未固結な土砂山のためアーチゾーン形成が期待できない。
- ②Ⅰ期線掘削時の周辺地山のゆるみがⅡ期線掘削に及ぼす影響。
- ③単線トンネルに比較してⅠ、Ⅱ期線の隣接掘削による地表面の沈下、トンネル変形、周辺地山への影響。

これらの問題点についてFEM解析によって検討を行った。この結果判明した主な点は、以下のとおりである。（FEM解析に用いた地盤定数は、表-1参照）

- ①土被り5mの断面における地表面沈下量は21.9cmとなり、上部ゴルフ場との協議の上決定した5cmの管理目標値を大きく上回る。（図-2参照）
- ②土被り5mの断面では、Ⅰ、Ⅱ期線の狭間およびトンネル直上の地表面付近の地山が塑性し、安定が懸念される。
- ③土被り5～15mの断面におけるⅠ期線の吹付コンクリートに発生する圧縮応力度は、57～70kg/cm²、土被り15m断面におけるⅡ期線で最大100kg/cm²程度である。

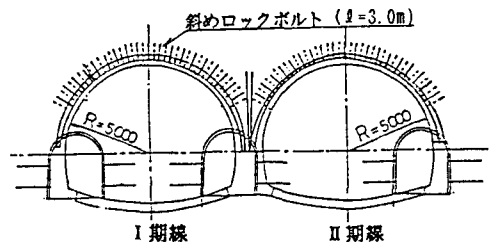


図-1 標準断面図

表-1 FEM解析に用いた地盤定数

	単位 体積重量 (γ /m ³)	弾性係数 E (kg/cm ²)	ポアソン比 ν	粘着力 C (kg/cm ²)	内部 摩擦角 ϕ (°)
盛土層	1.8	25	0.4	0.1	15
土砂層	1.8	50	0.4	0.3	20
軟岩層	2.2	375	0.3	3.0	30
硬岩層	2.5	5,000	0.25	3.0	35

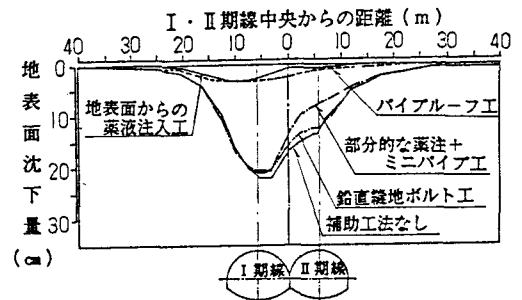


図-2 FEM解析結果（地表面沈下分布）

FEM解析結果より、設計の支保パターンでの施工では、地山の安定が懸念され何らかの補助工法が必要と考えられた。そこで補助工法として、“パイプルーフ工”、“地表面からの薬液注入工”、“ミニパイプを利用した部分的な薬液注入工”、“地表面からの鉛直縫地ボルト工”の4種類の工法（図-3参照）による効果をFEM解析によって検討した。

検討の結果、土被り5mの断面において、“パイプルーフ工”あるいは“地表面からの薬液注入工”を施工した場合にのみ地表面沈下量は3cm程度と管理目標値である5cm以下に収まった。（図-2参照）また、これらの補助工法は、他の工法に比較して吹付コンクリート応力度の減少、周辺地山の塑性領域の抑制等に関しても効果が大きいことが判った。そこで本トンネルでは、これらの検討結果に加えて、トンネルの施工工程、補助工法の施工性、経済性も配慮して“地表面からの薬液注入”を補助工法として採用した。

この結果、薬注を行なえなかった区間では、地表面沈下が82～86mmと非常に大きな値を示したが、これに隣接した薬注区間になると、沈下は10～20mmに収まり薬注の効果が顕著に見られた。

4. 実測値と計算値の比較検討

表-2は、土被り15m、5mの断面における地表面沈下量と天端沈下量の実測値と計算値を示したものである。ただし、土被り15mの断面は、薬注が行なわれていない断面であり、土被り5mの断面は、薬注を行なった断面である。

これより、実測値と計算値は、同程度の値を示し、FEM解析によってトンネルおよび周辺地山の挙動をほぼ表現することができた。なお、Ⅱ期線の天端沈下量は、実測値、計算値ともⅠ期線に比較して小さかった。これは、Ⅱ期線掘削時には、Ⅰ期線側の二次覆工コンクリートによって地山の剛性が大きくなっていたためと推察される。

5. おわりに

本トンネルは、眼鏡トンネルであり周辺地山が未固結な土砂山で、しかも土被りが薄いため、地表面沈下量が22cm程度発生すると予測されたが、薬注を行なった結果、15～18mmに抑えられた。また、Ⅰ期線側の二次覆工コンクリートをⅡ期線掘削前に施工したので、Ⅱ期線掘削時は地山の乱れも少なく、トンネル内変位もⅠ期線掘削時に比較して小さく抑えられた。以上の結果から、本地山では薬注の効果が大きく、また眼鏡トンネルにおいては、片側トンネルの二次覆工コンクリートを打設して強化を図った後に、もう一方のトンネルを掘削することが効果的であることが明らかとなった。本トンネルでは、トンネルや周辺地山に異常な変状も発生すること無く、無事施工を完了した。なお、本工事にあって御指導、御協力をいただいた日本道路公団武雄佐世保道路工事事務所の方々に感謝の意を表する。

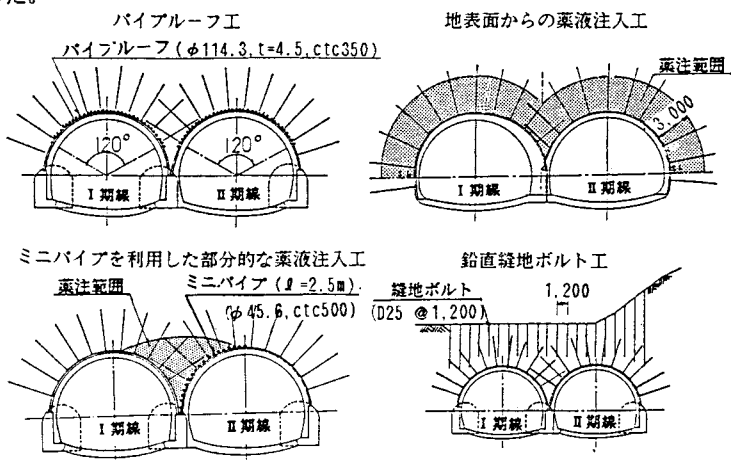


図-3 補助工法の概略図

表-2 実測値と計算値

		土被り15m断面 (薬注無)		土被り5m断面 (薬注)	
		計算値	実測値	計算値	実測値
地表面 沈下量	Ⅰ期線	55mm	82mm	26mm	18mm
	Ⅱ期線	51mm	86mm	18mm	15mm
天端 沈下量	Ⅰ期線	—	—	12mm	10mm
	Ⅱ期線	—	—	3mm	1mm