

VI-2 土砂トンネルに適用した小口径中尺鋼管先受け工法の実績

鹿島 東北支店 正会員 牟田 潤
 鹿島 東北支店 正会員 ○佐藤 直人
 鹿島 東北支店 正会員 小林 裕

1. はじめに

近年、山岳トンネルは都市部での施工機会が増加し、低土被り部での施工や、それに伴いあらゆる地質条件に対応できる効率的な補助工法の開発が求められている。

現在の山岳トンネル工事では天端、切羽の安定対策、表面沈下防止対策として注入式鋼管先受け工法を用いる事が多い。先受け工法には、長さ 3～5m 程度のロックボルトを打設し、ウレタンやモルタルを注入するフォアポーリングと、長さ 5m 以上の鋼管を打設注入するフォアパイリングとがある。フォアパイリングでは、長さ 10m 以上の鋼管を用いる AGF 工法などが挙げられるが、鋼管長 5～10m の範囲での簡易な先受け工法は意外に少ない。山本¹⁾らはガス管を用いた先受け工法（SGP 工法）を提案している。この工法は、AGF 鋼管（ $\phi 114.8\text{mm}$ $L=12.5\text{m}$ ）に比べて小口径のガス管（ $\phi 76.3\text{mm}$ $L=5.5\text{m}$ ）を常に 2 段となるよう 2 基毎に打設する事で、AGF 工法と同等の効果を得ながら、省力化、コストダウンを果たしている。今回は、汎用ジャンボのガイドセルを改造し 6.5m のガス管を 3 基毎に打設する工法（MGF 工法）で、サイクルタイムが向上し、良好な結果を得たのでここに報告する。

2. 設計条件

この工法を適用した箇所は、新生代第四紀の洪積世に属する段丘裾部を貫くトンネルの、土被り 1D 以下が 230m 以上続く区間である。地質（図-1）は、崖錘堆積物からなる地層であり、地表面沈下、切羽崩落など土砂トンネル特有の課題が存在した。また、支持基盤がトンネル底盤より下方に位置するため、大きな脚部沈下を生ずる可能性があった。

ただし、このトンネル直上は果樹園や畑であり、地表面沈下については比較的緩い条件での施工を考える事が出来た。地表面の許容沈下量を図-1 に示す。

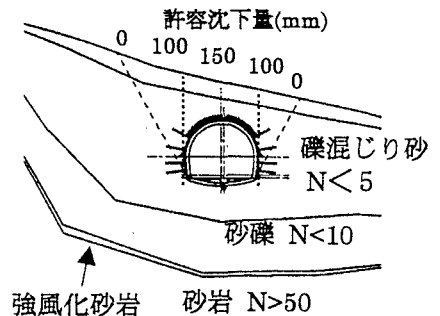


図-1 設計条件

3. 工法の概要

トンネルは N 値=5 程度の礫混じり砂層にあり、掘削中の切羽、天端の安定に主眼を置き設計した。

トンネル断面図を図-2 に示す。ガス管は $\phi 76.3\text{mm}$ 、 $L=6.5\text{m}$ のものを 3m 毎に打設し、ウレタン系地山改良材を注入した。6.5m のガス管を継ぎ手無しで打設するには、汎用ジャンボのガイドセルを改造しておく必要があった。また沈下対策としては鋼製支保工 200H にウイングリブを設けたほか、支保工横つなぎを行なうこととした。施工前に FEM 解析を行なったところ、地表面の沈下は最大 130mm 程度と予測された。この沈下はほとんどトンネル底盤部の脚部沈下によるものであるが、沈下量自体については前節で述べたように緩い条件であったため、この工法で掘削を行なった。

AGF 工法との比較を、縦断面図（図-3）に示す。MGF 工法は、AGF 工法に比べて、小口径の鋼管を密に配置する必要がある、形成される改良ゾーンはより広くなる。また、鋼管の外径を小さくする事で、今回のような礫混じりの層であっても、よりスムーズな削孔が可能となり、また鋼管の短尺化は孔曲がりに

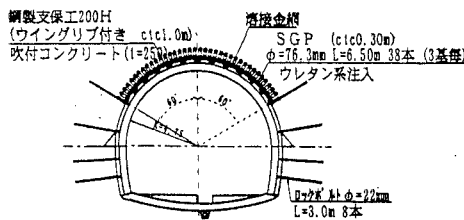


図-2 トンネル断面図

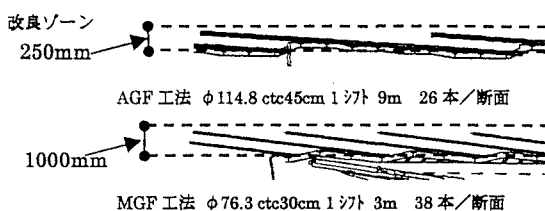


図-3 工法比較縦断面図

による鋼管の挿入不備や、ロッド、ビットの回収不能といった事態を回避できた。このような改良により、1本当りの削孔時間を短縮し、ロッド接続作業を無くす事によって安全性を高めることもできた。

4. 計測結果

図-4 にトンネル断面の沈下と内空変位の経時変化図を示す。各線は、トンネルの A,B 点の脚部沈下量、C 点の天端沈下量、測点 A-B 間の内空変位量を示している。A,B,C 点の沈下量は上半、下半掘削後それぞれ 40mm 程度の急激な変位を示しており、最終的な沈下量は 80mm を示している。ただし天端沈下量は、ほぼ A,B 点の脚部沈下量と同等であり、天端のみの変位はほとんど無いといえる。また、通常の NATM トンネルでは、側圧を受け内空が狭まるような変形モードを示すのに対し、当トンネルでは逆に内空が広がるような変形モードを見せている事がわかる。この変形は、脚部沈下が進むにつれて減少し、最終沈下量になるとほぼ同時に変形が収まっている。これは、土被りが非常に浅く、ほとんど側圧がかからないこと、直上の土荷重が先受け鋼管から支保工を通じて下方盤に伝えられていることに起因すると考えられる。

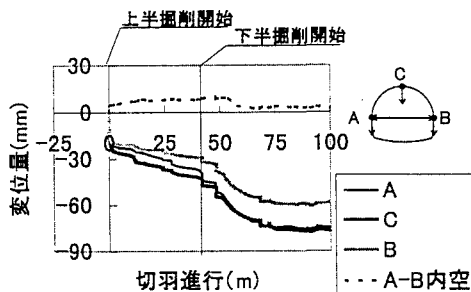


図-4 沈下量、内空変位量

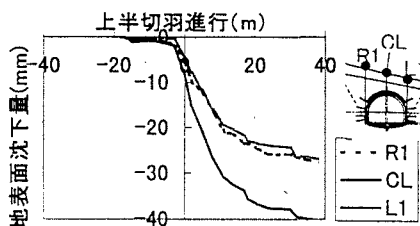


図-5 地表面沈下

図-5 に SGP 工法での上半掘削時の地表面沈下の様子を示す。影響は、-1D から出ており、先行変位率

(上半掘削時) は 20% と押さえられている。これは、当現場で土被り 5m でほぼ同程度の N 値 ($N < 10$) の地山を AGF 工法で掘削した場合に得た先行変位率 60% に比べて、相当小さい値といえる。この理由は、図-3 に示すように、鋼管を全区間でラップし、ダブルで打設、注入していく MGF 工法が、より強固な地山改良体を形成しているためであると考えられる。

5. おわりに

比較的安価な小口径中尺鋼管を先受け工に使用することで、N 値=5 程度の砂質土地山 (施工区間 230m) の掘削を無事完了することが出来た。今後も工法の改良を進め、コストダウンを進めたい。

【参考文献】 1) 山本、西岡他：中尺鋼管による先受け工法の開発と適用結果について、土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集第 6 部、pp424~pp425、1999.9