

小土被り土砂トンネルに適用した MGF 工法の施工実績

鹿島	技術研究所	正会員	山本 拓治
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など未固結土砂区間での施工機会が増加し、小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。東北新幹線福岡トンネル工事は、土被り 1 D 以下の区間が施工延長の約 40% と非常に長く、ここに用いる補助工法のコストダウンが工事全体の課題であった。現在の山岳トンネルでは、このような低土被り部での天端、切羽の安定対策、地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ことが多い。

先受け工法として代表的な工法である AGF 工法は実績も多く、信頼性の高い工法であるが、比較的施工費もかかる。そこで、我々は AGF 工法の長尺鋼管 ($\phi 114.8\text{mm}$ 、 $L=12.5\text{m}$) に代えて小口径中尺鋼管 ($\phi 76.3\text{mm}$ 、 $L=5.5\text{m}$ または $L=6.5\text{m}$) を先受け工として使用する MGF 工法 (Multi Ground Forepiling) を開発、採用したところ、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すことができた。当初は定尺ものの鋼管 ($L=5.5\text{m}$) を 2 基毎に打設していたが、最終的には $L=6.5\text{m}$ の鋼管を使用し、3 基毎の打設としてサイクルタイムを向上させた。今回は、MGF 工法の計測結果を主体として報告する。

2. 設計条件

MGF 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の、土被り 1 D 以下が 230m 以上続く区間である。地質は、礫混じり砂層が主体で N 値も小さく、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、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考えることができた。FEM 解析により設定した地表面の許容沈下量を図-1 に示す。

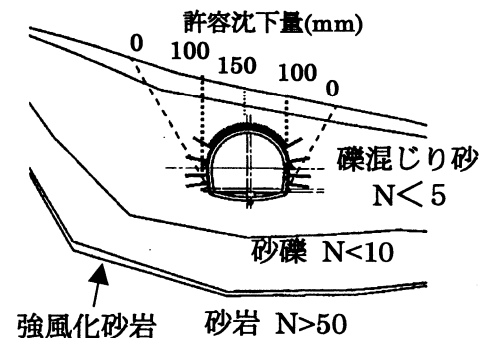


図-1 設計条件

3. 工法の概要

トンネル断面図を図-2 に示す。鋼管は $\phi 76.3\text{mm}$ 、 $L=6.5\text{m}$ 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。工法縦断図を図-3 に示す。MGF 工法は、AGF 工法に比べて、小口径の鋼管が密に配されるため、形成される改良ゾーンはより広くなるとともに、拡幅高も小さくする事ができる。また、鋼管径を小さくすることで、今回のような礫混じり砂層であっても、よりスムーズな削孔が可能となった。また鋼管の短尺化は孔曲がり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。なお、1 本当たりの削孔時間を短縮し、高所でのロッド及び鋼管の接続作業を無くすことによって安全性を高めることもできた。

Keyword 小土被り土砂地山、山岳トンネル、注入式鋼管先受け工法、MGF 工法

連絡先 岩手県二戸市米沢字上平 105-3 福岡トンネル JV 工事事務所 TEL 0195-23-8887 FAX 8873

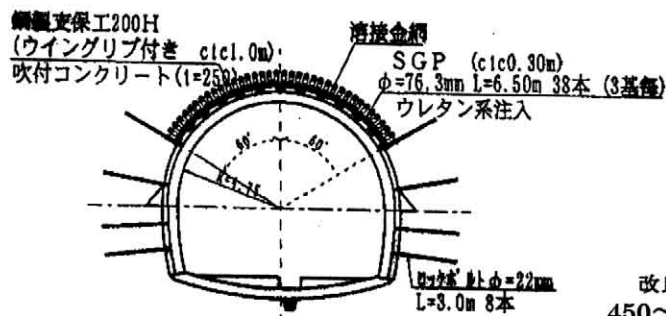


図-2 トンネル断面図

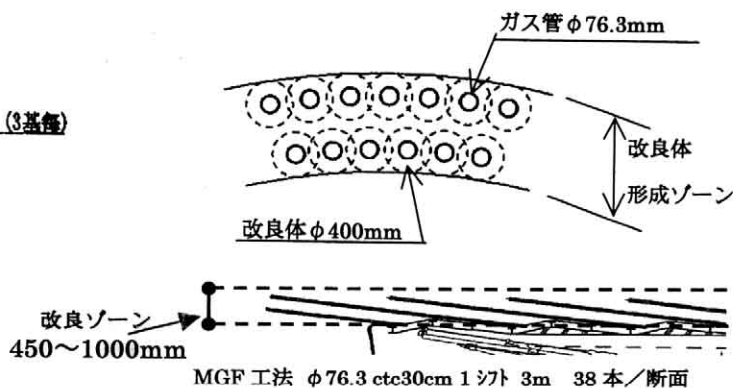


図-3 工法概略図

4. 計測結果

図-4 に内空変位と脚部沈下の経時変化を示す。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 に達している。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。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トンネル底盤に伝えられていることに起因すると考えられる。

図-5 に MGF 工法での上半掘削時の地表面沈下量を示す。掘削の影響は、-1D から出ており、先行変位率（上半掘削時）は 20% ($x_0/x_1=8\text{mm}/40\text{mm}$) であるが、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、拡幅高が小さい上に、MGF 工法の改良体形成ゾーンがより広く、より強固な地山改良体を形成していること及び打設角度が大きいことにより、斜めボルトのように鋼管に引張りが生じ、地山を安定させていると考えられる。

5. 今後の課題

当初、より簡易な先受け工法を目指した MGF 工法が、予想以上に地山改良効果を持つことが判明した。しかしながら、先受け工の設計手法には確立されていない面もあり、地山による最適な打設角度と打設ピッチ、及び鋼管径について、今後とも模型実験などを通じて設計手法の合理化を進めたい。また、先受け工法の性能は、注入材の性能や注入量によるところも大きいので、より少量で効果の得られる注入材の開発が望まれる。

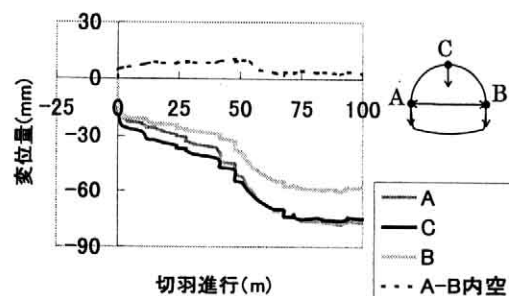


図-4 沈下量、内空変位量

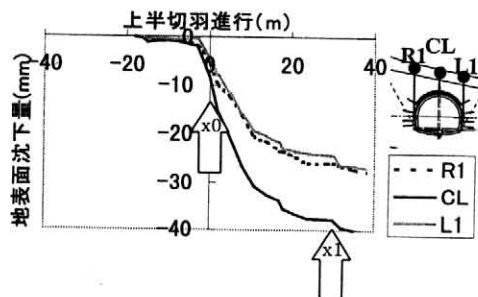


図-5 地表面沈下