

数値解析による鋼管長尺先受け工法の先受け効果に関する研究

(株)KFC 正〇 岡部 正
山口大学 正 中川浩二

1. はじめに

近年、山岳トンネル工法は市街地等低土被りの未固結地山に用いられる機会が増加しており、問題となる切羽崩落等の対策として先受け工法の一つである AGF 工法が注目されている。AGF 工法は、鋼管と注入材によって地山を先行補強する注入式長尺鋼管フォアパイリングの一種である。しかし厳しい地山条件下での計測の困難さ、その効果が3次元的であること等の要因によりあまりそのメカニズムは把握されていないのが現状である。本研究では、AGF 工法の設計時に重要な判断要素となりうる数値解析を行ない、そのメカニズムを解析的に把握することを目的とする。なお数値解析には 3 次元解析コード FLAC3D¹⁾を用いた。

2. 対象とするトンネル地山のモデル化

切羽の自立性等が問題となるような土被りの小さい大断面トンネルを想定してモデル化を行った。上半掘削断面直径 $D=16\text{m}$ 、土被りは $1D$ とした。解析領域、境界条件を図-1 に示す。地山物性値については軟質な砂層地山を想定して、日本道路公団によって分類されている地山等級の D II 地山の常数において、粘着力を低下させたものとし、表-1 に示す。

3. 対象とする先受け工法のモデル化

AGF 工法は、既往の施工例、発表論文等を参考に、土被り $1D$ (D はトンネル直径)程度、 N 値 10 以下の 3 車線トンネルにて施工されたものを対象とした。各種工法の先受け効果の検討のため、山岳トンネル標準工法(3 車線トンネルのものを参照)についても取り行なった。

2-1 山岳トンネル標準工法

各部材の部材配置を図-2(a)に示す。吹付けコンクリートと鋼製支保工は、組み合わせ部材としてモデル化した。表-2 に各部材の物性値を示す。尚、物性値については別途文献を参照して決定した。施工過程は、対象切羽まで一括して施工する一括掘削解析とした。

2-2 AGF 工法²⁾

各部材の部材配置を図-2(b)に示す。AGF 工法はその効果を主に梁としての曲げに抵抗することにあ

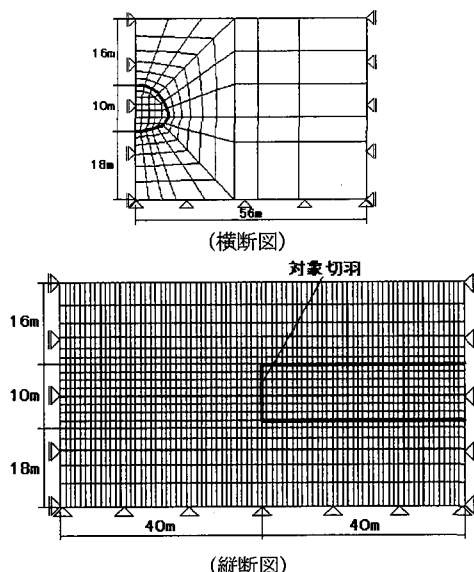


図-1 解析領域・境界条件

表-1 地山物性値

単位体積重量 γ (t/m ³)	弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 ν	粘着力 c (kPa)	内部摩擦角 ϕ (°)
2.1	1.47E+02	0.3	9.8	30

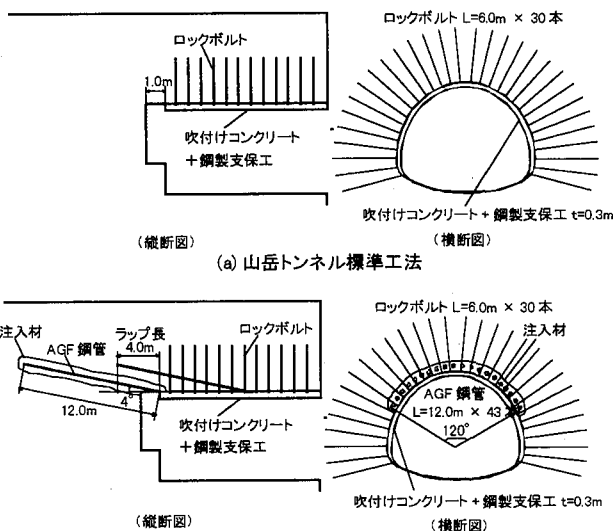


図-2 部材配置図

表-2 各部材の物性値

構造要素	単位体積重量 γ (t/m ³)	弾性係数 E (Pa)	ポアソン比 ν	厚さ (c) (m)	断面積 (m^2)	引張強度 (N)	グラウト強さ (Pa/m)	グラウト付着強さ (Pa/m)	断面二次モーメント (m^4)
吹付けコンクリート+鋼製支保工	2.46	7.92E+09	0.35	30	0.2	-	-	-	-
ロックボルト	7.8	2.10E+11	-	-	4.90E-04	1.92E+05	3.80E+09	3.70E+06	-
鋼管+注入材	2.3	7.30E+06	-	-	1.00E-02	-	-	-	8.40E-06

と考え、鋼管と注入材は合成部材として beam(梁)要素によりモデル化した。表-2 に各部材の物性値を示す。尚、物性値については別途文献を参照して決定した。吹付けコンクリート、鋼製支保工、ロックボルトについては、山岳トンネル標準工法と同様とした。

4. 解析結果

図-3 に切羽周辺の塑性領域図(縦断)を示す。(a)山岳トンネル標準工法では、切羽面から切羽前方上部地山にかけて塑性領域が発生している。(b)AGF 工法により切羽前方上部の塑性領域は抑制されている。図-4 に、切羽周辺の変位ベクトル図を示す。図中の矢印の大きさは変位の大きさ、矢印の方向は変位の方向を示す。(a)山岳トンネル標準工法では塑性領域の発生した切羽前方上部から上半切羽に変位の不安定挙動が見られる。(b)AGF 工法によりそのような変位の不安定挙動は抑制されている。

次に山岳トンネル標準工法と AGF 工法の鋼管長さ、打設角度(縦断)を変化させた各ケースの各点の沈下量を図-5 に示す。横軸に切羽からの距離、縦軸に各点における沈下量を示す。(a)地表面沈下量については山岳トンネル標準工法に比べわずかに抑制効果がみられるが、鋼管長さ、打設角度の違いによる顕著な違いは見られない。(b)天端沈下量については山岳トンネル標準工法では切羽前方地山が抜け落ちるような挙動となっているが、AGF 工法によりそのような挙動が抑制されている。また AGF 鋼管の長さは長いほど、打設角度は 0° より 4° のケースのほうが沈下抑制効果があるようである。

5. まとめ

本解析条件における結果を以下に示す。

- ・山岳トンネル標準工法と比較し、AGF 工法の解析的な切羽安定効果がみられた。
- ・AGF 鋼管長さ、打設角度に違いによる効果の程度が解析的に把握された。

参考文献

- 1)FLAC3D ver.2.0 マニュアル vol. I ~IV, ITA SCA, 1997
- 2)ジオフロンテ研究会:注入式長尺先受け工法(AGF工法) 施工マニュアル, 1994.9

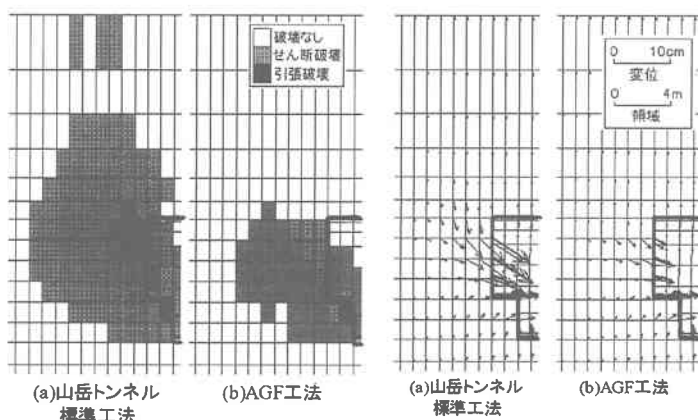
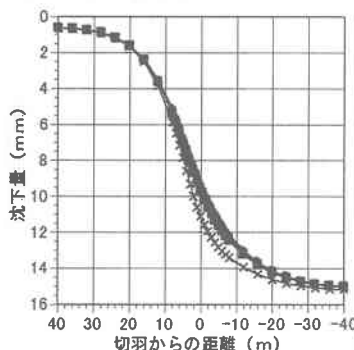
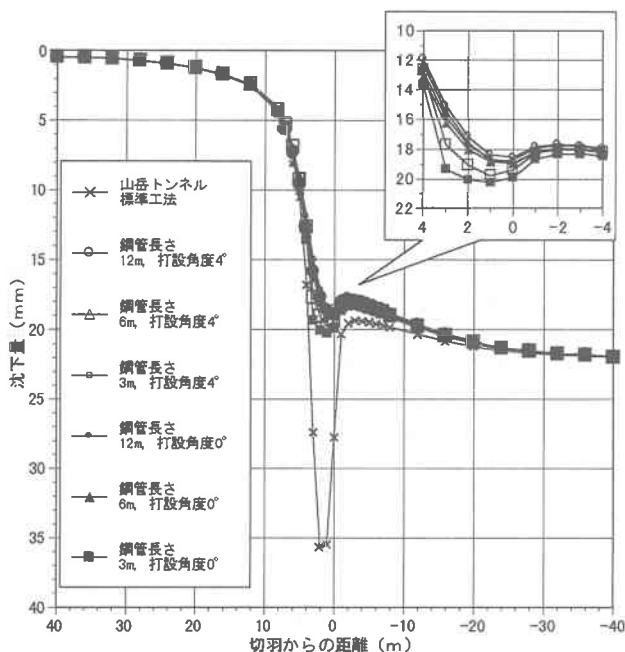


図-3 塑性領域図



(a)地表面沈下量

図-4 変位ベクトル図



(b)天端沈下量

図-5 各点の沈下量