

支保工脚部支持力が不足する脆弱地山の対策工とその評価について

(株)大林組 正会員 ○入江 貴博
茨城県 非会員 鴻巣 修
(株)大林組 正会員 伊藤 正寛

1. まえがき

(仮称)上曽トンネル本体工事(石岡工区)は、茨城県の西側と県西地域東側の鹿行地域とを結ぶ幹線道路の整備事業のうち、茨城県石岡市上曽～桜川市真壁までの上曽トンネルL=3,538.0mの起点側(石岡市側)L=1,939.0mを新設する工事である。工事概要を表-1に示す。

本工事では、設計段階から坑口部は風化火山灰(土石流堆積物)や、マサ化した強風化斑状花崗閃緑岩(以下軟質マサ)の脆弱な地層であった。また、地下水位も施工基面より高く、切羽の自立性や支保工の脚部支持力不足が懸念される条件であった。さらに、坑口部の4.2m直上には市道が交差しており、地表面沈下等による影響も懸念された。(図-1)

当初設計では、風化花崗閃緑岩(以下硬質マサ)のN値が50以上であり一部礫状部分も介在するが短柱状コア主体であることから、天端の安定対策は不要だとの判断であった。しかしながら、掘削開始前に地質調査を行った結果、良く締まっはいるが固結度は低い礫質土であることが判明した。さらに、この物性値を用いてFEM解析を行った結果、直上の市道に大きな影響が出るため追加で対策工が必要と判断した。(図-2)

そこで、本報文は地盤改良の対策工の選定と掘削工の実施工と評価について報告する。

2. 対策工の選定について

対象地山は、花崗岩の風化形態の特徴から、地中に転石等が多く内在していた。このことから、中層混合による地盤改良は困難であった。また、改良範囲上部には架空線があるためオールケーシング工法のような大型機械での地盤改良も不採用にした。

以上の点から、施工機械が小さくガイドホール削孔を行うことにより転石が多く内在している状況でも所定の深度まで地盤改良ができる高圧噴射攪拌工法を採用した。(図-3)

図-4に脚部改良計画図を示す。高圧噴射攪拌工法の仕様は、転石等による未改良部分が発生しないようにするため、改良径1,500mmで改良ピッチ1,100mmとし、最小改良幅が少なくとも1.0mは確保できるように配置した。また、改良深度はAGF工との交点から下半盤-1.0mまでとした。

キーワード NATM、坑口部。脆弱層、脚部支持力、高圧噴射攪拌工法

連絡先 〒315-0157 茨城県石岡市上曽 1705 TEL0299-57-0057

表-1 工事概要

工 事 名 称		(仮称)上曽トンネル本体工事(石岡工区)
発 注 者		茨城県
受 注 者		大林・株木・市村特定建設工事共同企業体
工 期		令和2年3月25日～令和5年3月15日
工 事 場 所		茨城県石岡市上曽地内 石岡市道3760号線
工 事 内 容	延 長	トンネル延長 L=3,538.0mの内1,939.0m
	工 法	NATM発破掘削方式
	断 面	掘削断面 60.23～82.62m ² (R1=5.05m)
	地 質	中生代白亜紀～新生代古第三紀 花崗岩および、花崗変成岩

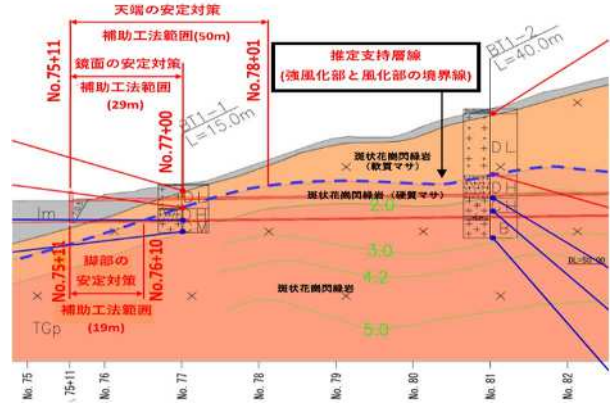


図-1 坑口詳細設計

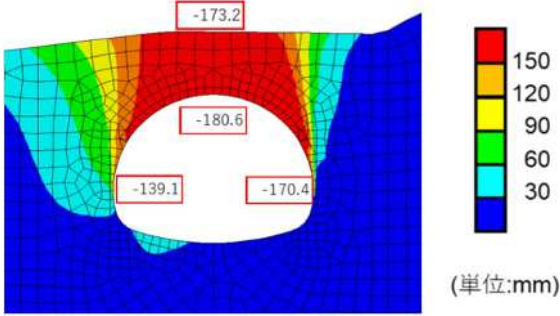


図-2 FEM 解析結果

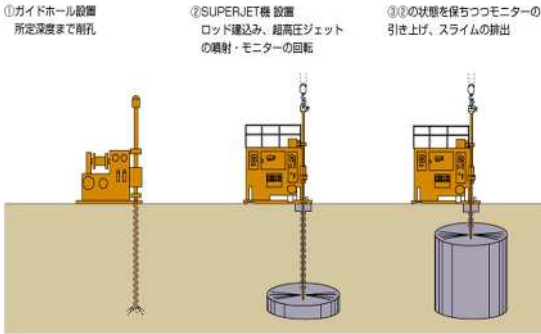


図-3 高圧噴射攪拌工法

対策工の効果を2次元FEM解析によって確認した。解析結果の一例(A-A断面)を図-5に示す。図中左側の対策なしでは全測点で大きな変位が発生し、鋼製支保工の応力が許容応力を超えトンネルの内空が保持できない結果となった。また、地表面沈下では-173.2mmと大きく市道への影響が懸念された。しかし一方で、図中右側の対策ありでは内空変位および地表面沈下の変位量は大きく改善され、鋼製支保工への応力も許容応力内に収まった。この傾向は、B-B断面も同様となった。

以上のことから、AGF工との交点から下半盤-1.0mまでを最小径 $\phi 1,000\text{mm}$ で改良することで、トンネル掘削時の安定性および交差する市道の沈下量を許容値以下に抑制し、安全を確保できることを確認した。

3. 実施工と評価について

地盤改良を終え、トンネル掘削を開始した。切羽は軟質マサ主体の地山であった。切羽左右の側壁部に改良体が確認できた。(写真-1)

解析を行ったA-A断面と同じ測点での地表面沈下計測と天端・脚部沈下計測結果を図-6に示す。計測位置は図-5と同様である。地表面沈下の計測結果はFEM解析での-24.7mmに対して-19.0mmとほぼ同量の結果となった。また、切羽から1D程度で変位が収束した。

天端沈下の計測結果も同様にFEM解析での先行変位を除いた沈下量-14.6mmに対して-14.3mmあった。しかしながら、脚部沈下の計測結果について、左SLの脚部沈下は同様の結果であったが、右SLの沈下計測は、左側より沈下量が少ない傾向ではあるがその量は-3.4mmに対し-13.3mmと差が大きい結果となった。これは、軟質マサの分布が想定以上に広がったことが影響したと考えられる。また、SLの脚部沈下は、その後の施工の影響が大きいとその要因も考えられる。

以上の結果からFEM解析と実施工では右SLの沈下量に相違があったが、同様の傾向を示しその変位量も警戒レベル1以下になっており、対策工が有効であったと考えられる。

4. おわりに

今回選定した対策工を行うことで、脚部支持力が不足する坑口部の不良地山掘削において大きな崩壊や直上の市道への大きな影響もなく安全に施工ができた。さらに、不良地山の掘削時の鋼製支保工の建込みなどで切羽に立入る土平部分が改良されていることで安全性の向上の施策としても有効であった。

本報文が、類似課題を抱えるトンネル現場の参考になれば幸いである。

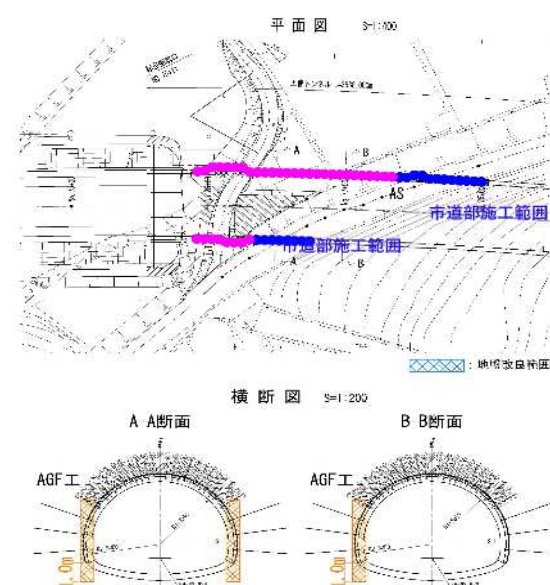


図-4 脚部改良計画図

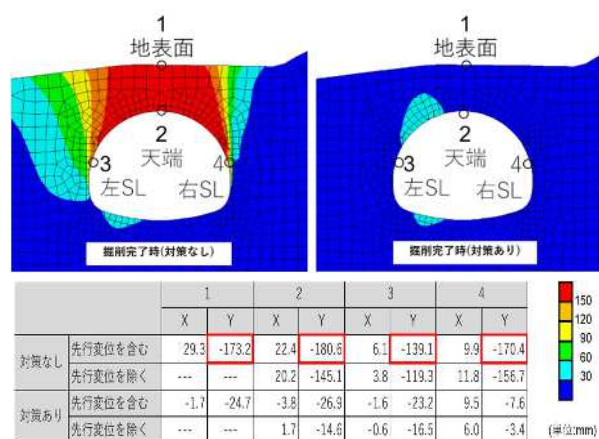


図-5 二次元FEM解析結果(A-A断面)



写真-1 改良区間の切羽状況

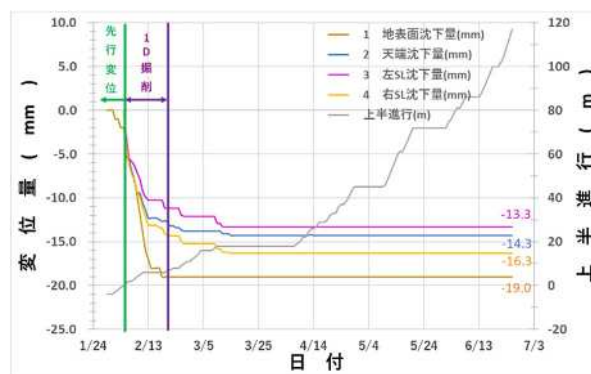


図-6 沈下計測結果(A-A断面)

キーワード NATM、坑口部。脆弱層、脚部支持力、高圧噴射攪拌工法

連絡先 〒315-0157 茨城県石岡市上曽 1705

TEL0299-57-0057