

注入式中空長尺GFRP 管による大土被りトンネルの変位抑制

戸田建設(株) 四国支店
日本道路公団 四国支社
戸田建設(株) 四国支店

正会員 ○戸田 一生
保田 圭二
牛田 猛
村松 富士登
尾花 敬治

1. はじめに

高知自動車道（四車線化）笹ヶ峰トンネル工事は高知県と愛媛県の県境部、四国のほぼ中央に位置する延長4285m、2車線高速道路トンネル工事である。地質は、みかぶ構造線と中央構造線の間に位置する三波川変成帯結晶片岩類の泥質片岩を主体とし砂質片岩および若干の緑色片岩を介在している。掘削はすでに供用されているⅠ期線の既設避難坑を拡幅して行う。Ⅰ期線トンネルと今回施工するⅡ期線トンネルの離れは、トンネル壁面間距離で約20mである。そのため、Ⅱ期線施工に起因したⅠ期線トンネルの変状を生じさせないことが最大のポイントとなった。最大土被りは約540m、Ⅰ期線施工時には土被り250～400mの片岩脆弱部区間で最大水平内空変位254mmが観測されており、Ⅱ期線施工時でも同区間における変位発生とⅠ期線への影響が懸念され、変位抑制対策が必要となった。この様な高土被りかつ低地山強度という条件下における変位抑制対策は前例がないが、今回は補助工法として注入式中空長尺GFRP管（FIT工法）を20°の角度で打設する長尺地山補強工を採用した。その結果、変位を抑制し供与線に影響を及ぼすことなく掘削を完了することが出来た。本稿では長尺地山補強工（FIT工法）の施工と長尺地山補強材の計測結果について報告する。

2. 長尺地山補強工

今回採用したFIT（FRP InjectionTube）工法は表-1に示す強度を持つGFRP管(外径φ76、内径φ60)を補強材兼ケーシング材として二重管削孔により地山内打設し、各種注入材（ウレタン系、セメント系他）を注入することによりGFRP管の定着と地山改良を行う工法である。従来の鋼管を用いたAGF等と比べ、施工後に通常の切羽施工機械で切削可能であるため、フェイスへの使用や施工範囲へのロックボルト施工等が可能である。また、軽量であることから様々な打設角度の施工を比較的容易に行うことが出来る。

事前解析および同種工事の実績から、Ⅱ期線工事では内空変位量を100mm以下に抑制する事を管理目標としたが、今回の条件である土被り約400m、一軸圧縮強度約65～75N/mm2、地山強度比1以下、弾性係数約420MPaで行った有限差分法による事前計算では、約133mmの水平変位と予測された。そのため長尺地山補強工として図-1、図-2に示す配置のFIT工法を採用した。配置は緩み範囲に相当する範囲へ曲げ引張り強度を持つ補強部材を配置して地山強度の向上と支保耐力不足に対する補強をさせる事を目的として配置した。図-1、2に示すように長さ12.5mのFIT管を1シフト18本と19本の千鳥配置とし、緩み範囲であるトンネル外周4m範囲にFIT管が配置されるよう20°の角度を持つ広角アンブレラ形状に打設

表-1 FIT 管物性値

引張強さ	≧600N/mm2
せん断強さ	≧100N/mm2
ガラス繊維含有率	≧50%(重量比)
弾性係数	20,000～30,000MPa
単位重量	約3kg/m
ネジ部引張強度	約200KN

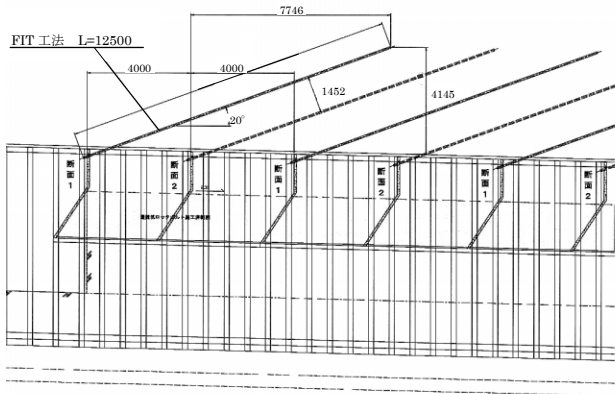


図-1 長尺地山補強工(FIT 工法)縦断配置図
(1シフト長 4.0m 区間)

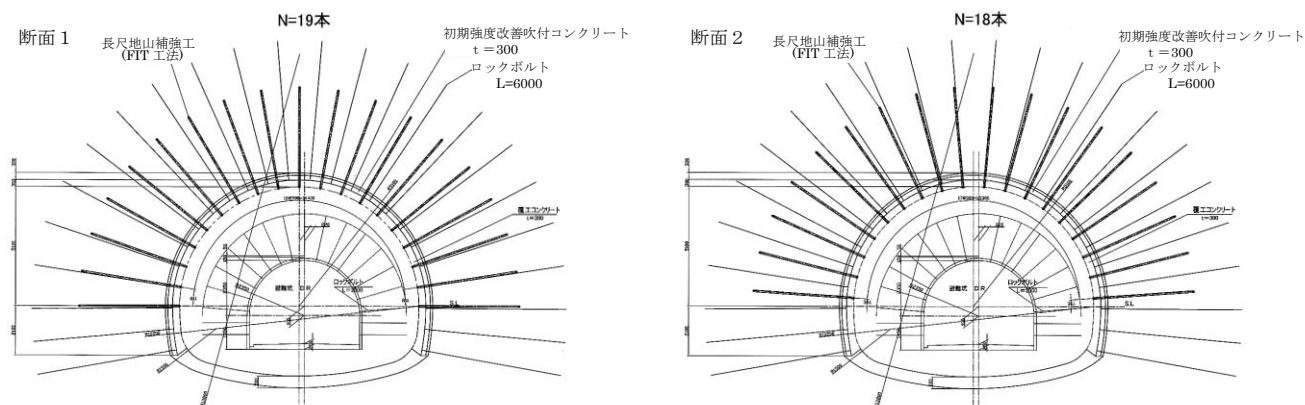


図-2 長尺地山補強工（FIT 工法）横断方向配置図

した。また、1 シフト長は 4.0m、4.8m、6.4m と変化させた。注入量は AGF に準じて設定し、注入材は地山深部の粘性の高い脆弱部であることから浸透性の高いウレタン注入材を選定し 63kg/本の注入量とした。

3. 施工結果

FIT 工配置区間長は 64.8 m、計 12 シフト施工した。最大水平内空変位は 88.2mm、最大天端沈下は 55.5mm が観測されたが、管理目標値である 100mm 以下を満足するとともに、I 期線への影響もなく掘削を完了することが出来た。また、掘削時の素堀面の安定状況も良好であった。

4. 計測結果

図-3 にトンネル内空変位と FIT シフト長との関係を示す。シフト長変化（FIT 管縦断方向ラップ長変化）により変位量が変化している。シフト長 4.0m と 4.8m は全断面で FIT 管が縦断方向にラップしているが、シフト長 6.4m の場合には

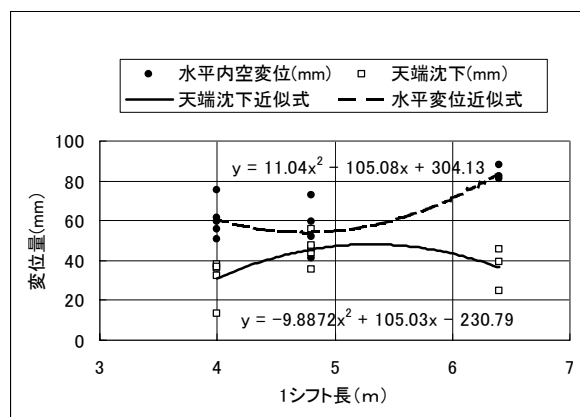


図-3 シフト長と内空変位の関係

一部ラップの無い区間を生じる配置であった。また今回は、通常の内空変位測定に加え FIT 管の軸力・曲げおよび地中変位測定等を実施した。図-4～6 に計測結果の一部を示す。この結果から FIT 管は曲げ引張り部材として機能していることが分かる。また緩み範囲は掘削面から約 2 m 程度で他区間のほぼ 1/2 に減少している。

5. 終わりに

今回、高土被り低地山強度比区間で変位量を制御するために、従来のパイプルーパ的な配置やフェイスボルトとしてではなく、地山内に配置する応力部材として機能させるために 20° の角度を持たせて打設した FIT 工法を長尺地山補強工として採用した。その結果、この様な条件下でもこの工法が変位抑制および掘削補助工として有効で有ることが解った。今後は、今回の計測結果の分析や他データの集積により同様の工事における適用や解析手法・設計手法をより明確にする必要がある。

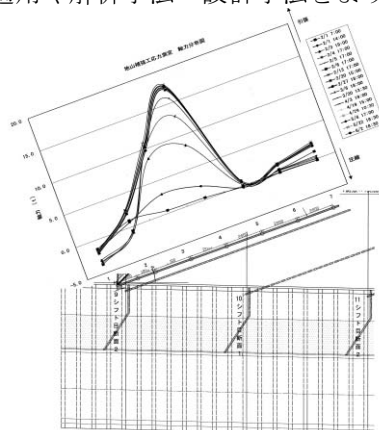


図-4 FIT 管軸力図

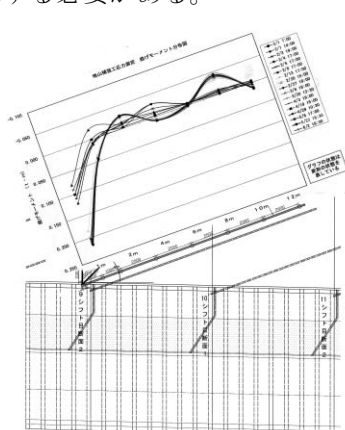


図-5 FIT 管曲げモーメント

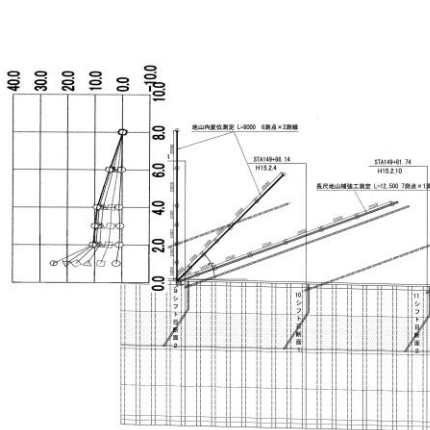


図-6 FIT 施工部地中変位図