

III-66

シールド施工区間のNATMによる断面拡幅

(株)鴻池組 正 富澤直樹 正 嶋村貞夫 武正敏男
 沖縄電力(株) 新垣勇盛 大城幸男

1. はじめに

古波蔵幹線新設工事は那覇市および本島南部地域への送電線網強化を目的とする延長 $L=$ 約3.6kmの地中送電線路であり、平成3年6月に運用開始した。本工事のうち延長約2.3kmの第1工区は、仕上がり内径 $\phi 2.4$ mのシールド施工区間であるが、電気ケーブルを洞道内で接続あるいは分岐するための拡幅断面を洞道内からNATMで拡幅して構築した。このうち牧志分岐箇所は安里川の近傍で新第三紀島尻層群に位置

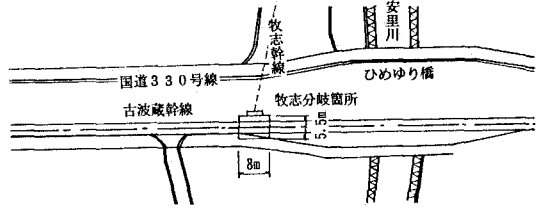


図-1 位置図

し交通量の多い国道330号線の約10m下での施工となるため、拡幅による地表面沈下を極力抑える必要があった。そこでFEM等の検討の結果をもとに拡幅断面形状と支保部材を設計し、補助工法として発泡ウレタン圧入式フォアパイリングを採用することで無事施工を完了した。牧志分岐箇所の位置図を図-1に示した。

本論文では、当箇所の施工方法の概要と計測結果について報告する。

2. 地山状況と拡幅部断面

分岐箇所の断面図と土質柱状図を図-2に示した。土質は上から埋土($N=4$, $t=2.8$ m)、非常に柔らかい沖積粘土($N=0\sim 2$, $C=0.27$ kgf/cm², $\phi=0.9^\circ$, $t=3.7$ m)、軟質化風化泥岩($N=37$, $q_u=7.3$ kgf/cm², $t=2$ m)、泥岩($N=50$, $q_u=23.4$ kgf/cm²)である。泥岩は固結粘土状を呈した軟岩で、このうち軟質化泥岩はコアの一軸圧縮強度から算出される地山強度比は3.6で安定の目安値2を上回るものの、ボーリングで採取されたコアは亀裂が多く軟質化が著しく脆弱で岩盤としての強度は試験値を大きく下回ると考えられた。そこで、拡幅箇所の断面は分岐に必要な最小形状とし掘削高さ4.655m、幅5.5mとし下部の比較的良質な泥岩の被りを1.2mとした。この形状でFEM解析を行ったところ、側壁部に最大2.5kgf/cm²の最大せん断応力が発生し、モール・クーロンの破壊規準によるとトンネル上部の風化軟質化泥岩層が塑性化するおそれがあり、トンネル周辺地山に十分なアーチ効果が期待できなかった。そこで、塑性化のおそれがある範囲の地山を発泡ウレタン圧入式フォアパイリングおよびボルトで改良し補強することとした。図-3に施工断面図を示した。

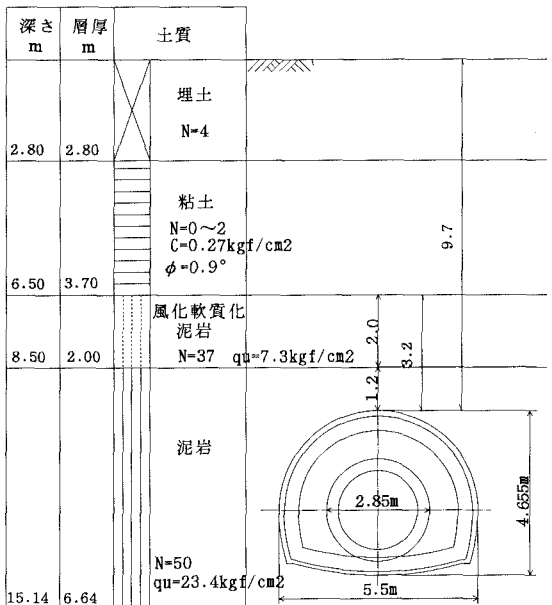


図-2 土質柱状図

3. 施工方法の概要

シールド洞道は開放型機械掘り式兼用泥土圧型シールドで施工し、一般部はRCセグメント(外径 $\phi 2850$, $t=225$)で拡幅部はスチールセグメント($t=125$)で一次覆工した。

拡幅箇所の延長は $L=8\text{m}$ で拡幅は以下の手順で行った(図-4)。

- ①上半断面への切り上がり
- ②上半断面掘削
- ③発泡ウレタン圧入式ボルトによる下半側壁部補強
- ④下半掘削
- ⑤インバート掘削

上半断面掘削時にはまずセグメントをファイバーボルトで仮止めした後S.Lより上部のセグメントを1間毎撤去し、リングカットで掘削後鋼製支保工(H=125)の建て込み、吹付コンクリート($t=150$)、ロックボルト($L=2\text{m}$)およびアーチ部に発泡ウレタン圧入式フォアパイルング($L=2\text{m}$, 10本)を施工した(図-4)。

作業空間が小さいため、掘削はピックによる人力で行い積み込みは小型バックホーで行った。また、吹付コンクリートは手吹きで行った。

地山は予想以上に亀裂が発達しており、当初のウレタン注入率が7%であったのに対して実際にはその1.5倍以上が圧入できる状態であったが、

①高圧で注入すると地山に余分な亀裂を発生させるおそれがある。

②注入量が多すぎると上部の粘土を隆起させる。

と考え、特に劣化の進行した範囲に重点をおいた定量注入とし、計測頻度を増やして対処した。

ロックボルトの削孔中にドブ臭の泥水が噴出することもあったが、ウレタンの圧入により止水できた。

4. 計測結果

安全管理のため、地表面沈下と坑内において3断面で内空変位、天端沈下の計測を行った。図-4に示した切り上がり完了断面での計測結果を図-5に示した。これによると地表面沈下は切羽到達に先行して1mm沈下し、上半掘削により2mmに増加し下半掘削、インバート掘削の影響はなくそのまま収束した。内空変位は上半掘削により縮み始め、下半掘削とインバート掘削により変形が増加し水平測線は1.3mmで収束した。

天端沈下は上半掘削で1mm発生し、そのまま収束した。

5. おわりに

国道直下の第三紀島尻層群でシールド洞道をNATMで拡幅するにあたり、発泡ウレタン圧入式フォアパイルングを採用しその注入方法を厳密に管理した結果、地上への影響もなく無事施工を完了した。今後都市部では開削が困難なため、本ケースのような亀裂の多く固結度の低い軟岩～土砂地山でのトンネル施工の機会が増えると推定されるが、そのような工事に対して今回採用した補助工法は効果的であると思われる。

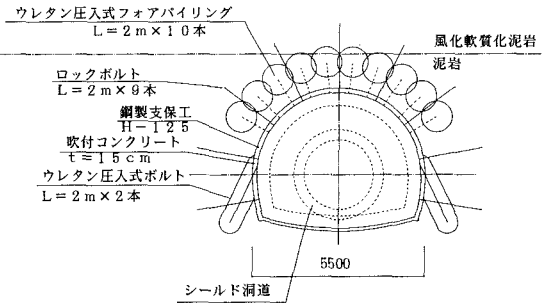


図-3 施工断面図

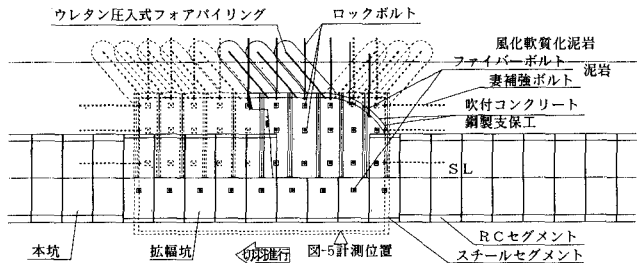


図-4 施工縦断面図

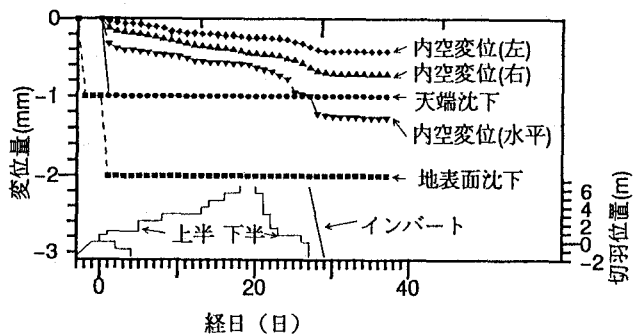


図-5 計測結果