

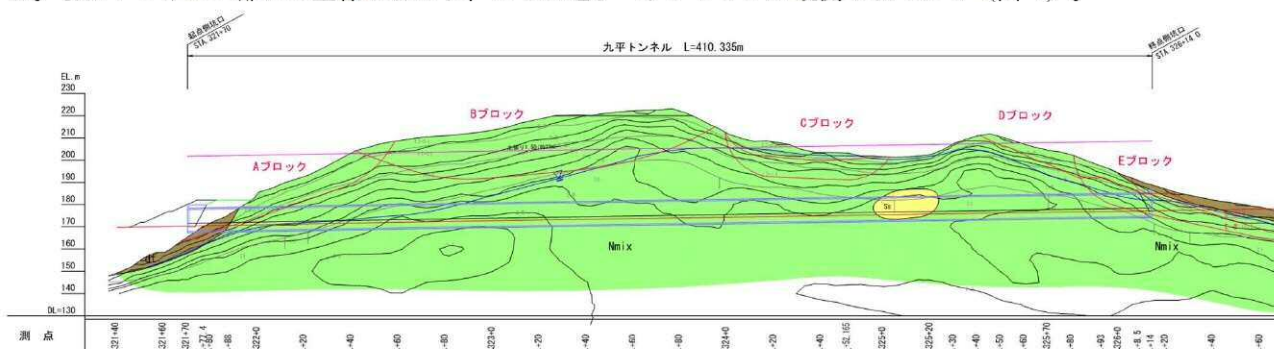
付加体におけるトンネル掘削の安定対策

前田建設工業（株） 正会員 ○金子和己、上村正人

正会員 野田 力、正会員 松下弘樹

1. はじめに

東九州道（清武～北郷）九平トンネル新設工事は宮崎市の南西部に位置し、 $L=410\text{m}$ の自動車専用道路として構築するものである。地質は古第三紀の砂岩頁岩混在岩を主体とし、分布する日南層群は海底地すべりによって堆積したオリストストロームであり、プレートの沈み込みによって一部がメランジュ（混在堆積物）となって付加体を形成し、傾動・隆起したものと解釈されている。近接するトンネルにおいては大きな変状が報告されている。またトンネル上部には全線にわたり、5つの地すべりブロックが観測されている（図-1）。



1. 当初設計

図-1.地質縦断面図

近隣工区の事例を踏まえ坑口部以外の区間はEパターンとして鋼製支保工 H-250、高強度吹付（36N、 $t=30\text{cm}$ ）、早期閉合（一次インバート）、が設計された（図-2）。補助工法としては先受け工 $\phi 76\text{mm}$ 鋼管 $L=12.5\text{m}$ の 6m シフト、鏡ボルトは $\phi 76\text{mm}$ 鋼管 $L=18.5\text{m}$ 打設間隔 1.5m 12m シフト、注入材は全てシリカレジンにて施工を行った。

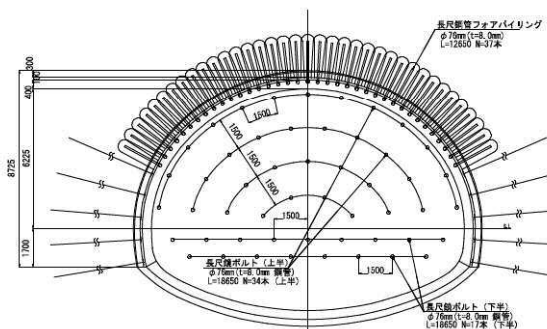


図-2.当初設計パターン

2. 施工実績

2-1. 切羽の崩落

施工を開始すると度重なる崩落が発生した。切羽面は非常に脆弱な頁岩が主体であり、大半は一軸強度が 1N/mm^2 以下であった。最大土被り地点（40m）付近では大規模な崩落（写真-1）も発生し、崩落とともに先受け工で使用していた $\phi 76\text{mm}$ 鋼管が破断する事態が発生した。



写真-1.切羽の崩落状況

2-2. 変位状況

図-3 に示すように坑内変位は沈下量が卓越しており、最大で 280mm に達した。また切羽近傍での急激な沈下により後方支保が引張られ、吹付けコンクリートに多数のクラックが発生した（図-4）。閉合後も沈下は収束せずに切羽との離れが 2D 程度に達するまで続いた。

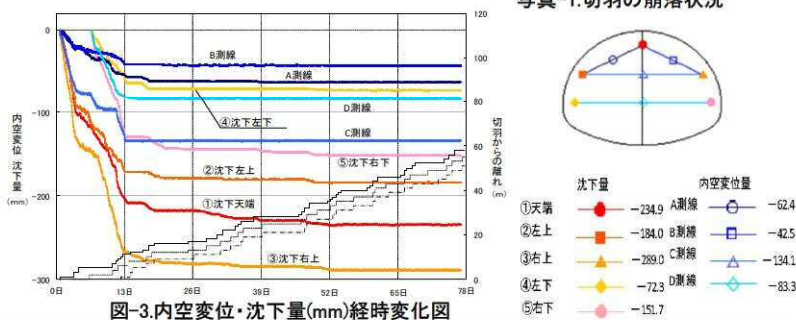


図-3.坑内変位・沈下量(mm)経時変化図

キーワード 付加体、切羽安定対策、補助工法、沈下対策、下半フォアパイリング

連絡先 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2丁目14番1号 前田建設工業株式会社 九州支店

2-3.地すべり活動

地すべりブロックは設計において、影響は少ないものとされていたが、掘削が通過する際は最大 200 mm 近くの地表面沈下が発生し、傾斜計の測定では月換算 10 mm 以上の変位が継続した。トンネルが通過し離隔が大きくなると計測値も収束へと向かう状況が確認された。坑内の A 計測は自動計測にて 1 時間毎の計測を行った。閉合後は計測値の急激な変動やクラック等の進行も緩やかであったため、掘削作業は継続した。

2-4.B 計測

E パターン掘削開始後、B 計測を実施した。結果としては掘削初期段階で鋼製支保工への過大な応力が発生し、縁応力で許容値を超えた。一方で吹付けコンクリートは設計強度の 30% 程度となり、支保内圧は高い状態になりながらもバランスしたと考察できる。この地点における土被りは 29m であったが地山荷重を土被りに換算すると 25m 程度となり、土被りの大部分の土圧が作用していると推定できる。その結果を受けて再現解析を行った結果、設計段階で設定された変形係数の 1/4 程度となった。

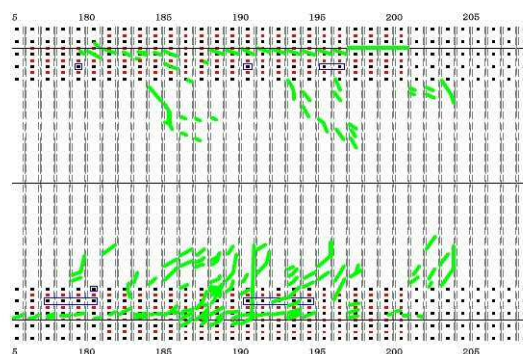


図-4.吹付けコンクリートひび割れ図

3. 地山安定対策

3-1.切羽の安定対策

切羽の安定性を確保するため、鏡ボルトの打設間隔を 1.5m から 1.2m に、打設本数は設計の 51 本から 61 本へ増加した。先受け工は $\phi 76$ 鋼管が破断したことから $\phi 114.3$ 鋼管へ変更した。

3-2.沈下対策

早期閉合までの沈下量を抑制することは支保の健全性を確保し地すべり活動への影響の低減につながることから、沈下対策を検討した。

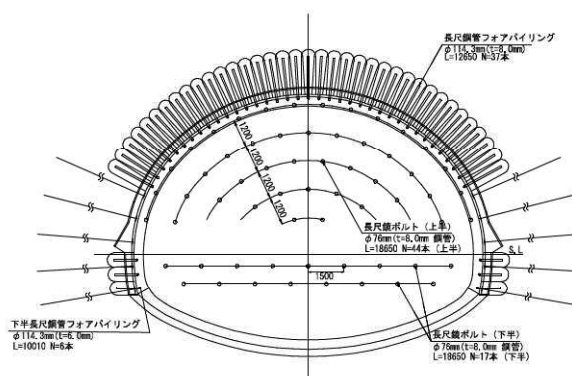


図-5.変更パターン

建込直後から大きな沈下が発生することから、第一にウイングリブ付き鋼製支保工を採用した。第二の対策として上半足元のゆるみを抑制し、地山の支持力向上を目的として下半部における長尺鋼管（ $\phi 114.3$ ）フォアパイルリングを採用した。ウイングリブ下部を改良できるように打設角度と施工性を検討した結果、9.5m 鋼管を 6m シフトで打設することにした。また、先受け工と同じ切羽面にて施工を行うことによって効率的に施工することができた。

4. 対策後の経過

上記対策後は切羽の安定は維持することができ、切羽面の崩落には至っていない。沈下対策においては同様な条件下において、図-6 に示すように 50~100 mm の低減効果が確認できたが閉合時には 100 mm 以上の沈下が発生する状態が継続した。閉合後は切羽からの離れが 2 D となるまでは 50 mm 程度の沈下が発生し、収束した。巻厚を確保するため、設計での変形余裕量 10 cm + 支保工の上げ越し 150 mm~200 mm を調整しながら施工を行った。

5. おわりに

九平トンネル工事は平均進捗 1 m/日程度の進捗で 19.5 ヶ月を要し無事貫通した。予想を上回る不良地山であったが追加の補助工法を採用して施工を完了することができた。切羽判定は 38 回実施し、地山状態に対して適正な補助工法が採用できたと考えている。関係した方々のご指導・ご尽力に感謝申し上げたい。

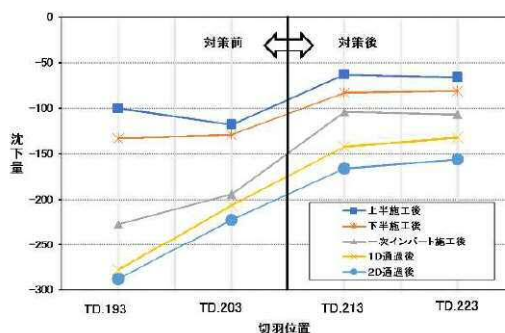


図-6.施工ステップにおける沈下量