

地山状況に応じた全断面早期閉合の仕様の選定

独立行政法人 土木研究所 角湯克典

国土交通省 金沢河川国道事務所 柳川磨彦

西松建設(株) (正)〇鬼頭夏樹, (正)大谷達彦, 鈴木修, (正)明石健

1. はじめに

七尾トンネルは、一般国道 470 号七尾氷見道路の一部となる全長 1760m の道路トンネルである。上半先進ベンチカット工法でトンネル掘削を実施していたところ、当初設計で想定されていなかった膨張性地山が出現し、変形余裕量を超過する変形が生じる状況となった。そこで、トンネルの変形を抑制するために、約 170m 区間にわたり全断面早期閉合を適用した。その際、坑内変位データ、切羽観察結果に基づき、全断面早期閉合の仕様を選定して、地山状況の変化に対応した。本稿では、その施工実績を報告する。

2. 地質概要

当該変状区間は、新第三紀中新世八尾累層と穴水累層の地層境界部に位置する。この地層境界部では、変質による粘土化が進行し、CEC 試験および X 線回折の結果から、著しい膨張性を示すと判断される地質が出現した(陽イオン交換容量: 81meq/100g, スメクタイト含有量: 48wt.%)。このような地質状況において、トンネル掘削後、トンネル断面に大きな変形が生じた。

3. 全断面早期閉合の適用経緯

坑口より 200m 地点から当該変状区間までは、硬質の礫を含む締まりの良い砂質岩(砂岩優勢層、礫岩層、含礫砂岩等)が切羽を占めていた。しかし、坑口より約 550m 付近(No. 242+19.8)から、硬質粘土が出現し、天端沈下、内空変位が増加した。そのため、トンネルの変形抑制のために、増しボルト、ウィングリブ付き鋼製支保工等の対策工を実施した。しかし、坑内変位は収束せず、変形余裕量(100mm)を超過する変形が生じる状況となった。そこで、次の対策工として、インバート吹付け($t=200\text{mm}$)による下半閉合を実施したところ、坑内変位が収束した。

この実績を踏まえ、坑口より約 620m 付近(No. 246+2.7)より、上半先進ベンチカット工法から全断面早期閉合に変更して、トンネルの変形抑制を図った。しかし、トンネル掘削を進めるに従い、地山条件はさらに悪化し、再度、坑内変位が増加する傾向を示した。そこで、切羽前方探査(DRISS)を実施して前方地山の状況を予測するとともに、坑内変位データ、切羽観察結果に基づき、支保工および一次インバートの構造や閉合距離を変更しながら掘削を行った。当該区間における全断面早期閉合の概要図を図-1 および図-2 に示す。

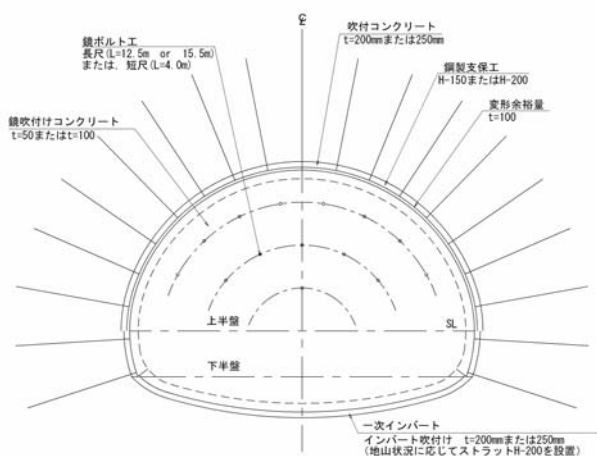


図-1 全断面早期閉合横断面図

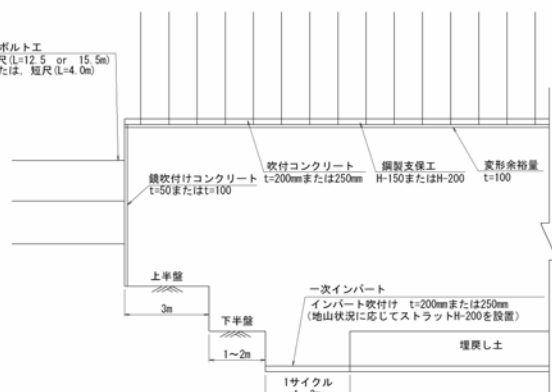


図-2 全断面早期閉合縦断面図

キーワード 全断面早期閉合, 変形抑制効果, 膨張性地山

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門1丁目20番10号 西松建設(株) 土木設計部 TEL 03-3502-7637

4. 全断面早期閉合の施工実績

全断面早期閉合適用区間のトンネル坑内変位データを図-3に示す。この図には、対策工の要否判定のために設定した管理基準値(天端沈下：40mm，内空変位：80mm)をあわせて示した。

以下に、当該区間の施工実績の概要を述べる。

- ①上半先進ベンチカット工法から全断面早期閉合に変更することにより、天端沈下が減少し、管理基準値以下に抑制することができた。
 - ②全断面早期閉合後、地山状況の悪化に伴い内空変位が増大し管理基準値を超過した。そこで、支保工および一次インバートの部材をランクアップして、内空変位の抑制を図った。
- 【支保工】H-150→H-200，吹付け厚 $t=200\text{mm} \rightarrow 250\text{mm}$ ，【一次インバート】吹付け厚 $t=200\text{mm} \rightarrow 250\text{mm}$
- ③強変質部の出現に伴い、地山状況がさらに悪化し、内空変位が管理基準値を大きく超過した。そこで、インバートストラット(H-200)を併用することによって、内空変位を管理基準値以下に抑制した。
 - ④八尾累層と穴水累層の境界部で、再度、内空変位が増加し管理基準値を超過した。そこで、トンネル全周に高強度吹付け($\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$)を採用することによって、内空変位を管理基準値以下に抑制した。

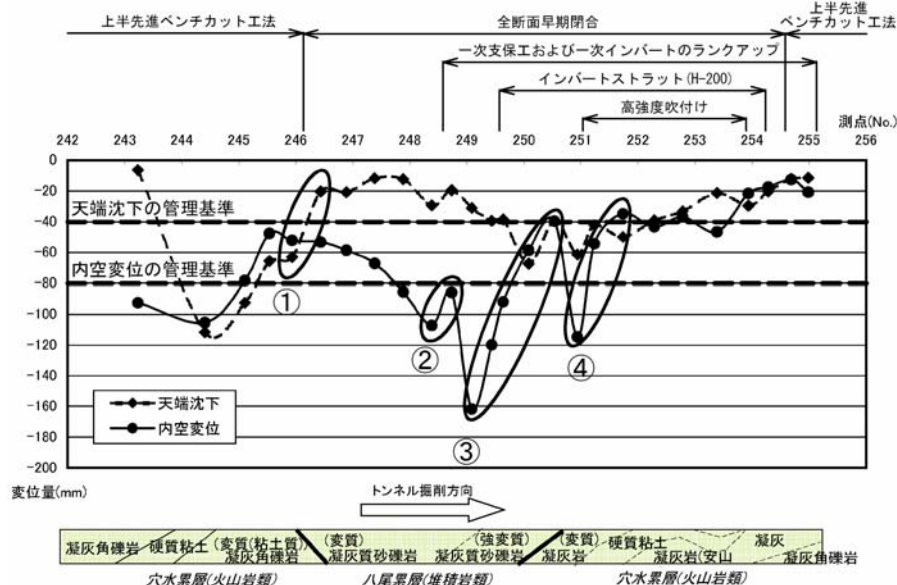


図-3 全断面早期閉合区間のトンネル坑内変位データ

今回の施工実績では、特に、高強度吹付け、インバートストラットについて、大きな内空変位抑制効果を確認できた。以下に、これらの採用前後の計測データ(それぞれ3断面の平均値)を比較して、高強度吹付け、インバートストラットの効果について考察を加えた。

- 高強度吹付けの採用後、内空変位の初期変位速度が減少した(採用前：43.8mm/日→採用後：17.3mm/日)。このデータから、高強度吹付けにより、トンネル支保としての剛性が向上し、掘削後の初期変位が抑制されたものと考えられる。
- インバートストラットの採用後、一次インバートによる閉合後の内空変位の増加率(全変位量/閉合前の変位量)が減少した(採用前：1.9倍→採用後：1.4倍)。このデータから、インバートストラットにより、トンネル閉合後の変位が抑制されたことがわかる。

5. まとめ

当該トンネル工事では、全断面早期閉合の適用開始後、トンネルの変形が抑制され、変形余裕量を超過する変形は生じていない。

最近、トンネルの変形抑制を目的とした全断面早期閉合の適用事例が増加しているが、計測データ等に基づきその仕様を選定している施工事例の報告は少ない。今後、当該工事の計測データを用いて、全断面早期閉合の効果について、詳細に評価を行う予定である。今回の施工報告が、類似の施工の参考になれば、幸いである。