

超近接双設トンネルにおける変位対策工について

近畿地方整備局 京都国道事務所

滋野 勝稔

大成建設株式会社

今中 晶紹

大成建設株式会社

正会員 ○佐藤 将路

1. はじめに

京都第二外環状道路（通称：にそと、総延長：15.7km）は、一般国道 478 号 京都縦貫自動車道の一部で名神高速道路とも連結し、京都都市圏の交通混雑を緩和すると同時に、近畿地方の広域交通網強化の一端を担う道路である。このうち、北春日トンネルは、最小 3m の低土被り・未固結地山を NATM 工法により施工した最小離隔 2m の超近接双設トンネル（延長：約 460m、掘削断面：標準部 - 約 100m²、拡幅部 - 約 200m²、ウォータータイト構造）である。本稿ではトンネル標準部にて実施した PC 鋼棒およびモルタル杭による変位対策工について報告する。

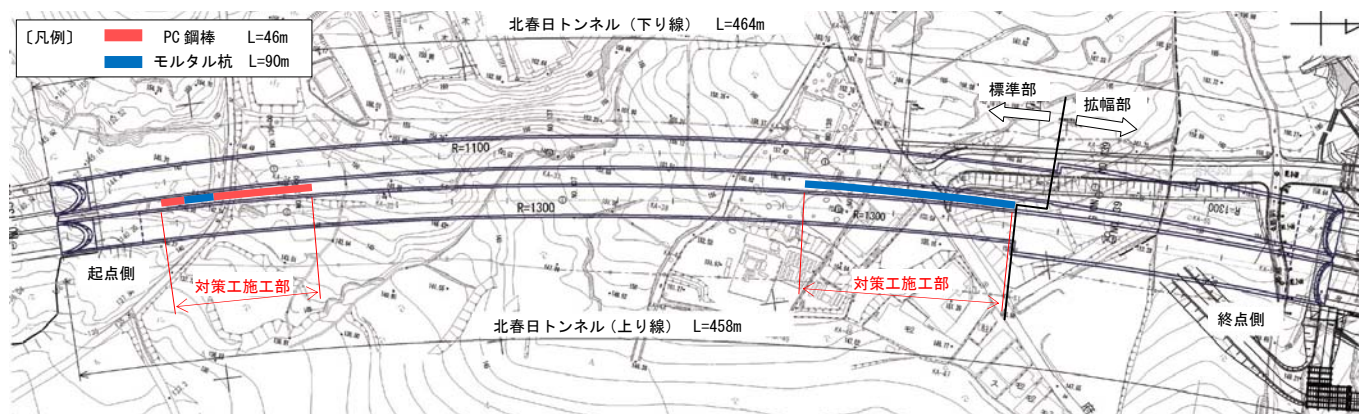


図-1 全体平面図

2. トンネル構造概要

トンネル掘削部は、扇状地堆積物層や段丘堆積物層、大阪層群から構成される未固結地山であり、土かぶり が 3 ～15m 程度と非常に小さい (0.3D～1.5D 程度)。扇状地堆積物層は粘土質砂礫および礫混り粘土から構成され、土石流堆積物の特徴が見られる。段丘堆積物層は粘土質砂礫層を主体、大阪層群は均質な粘土～シルトを主体とし、砂層や砂礫層が挟在する。そのため、補助工法として、トンネル標準部では注入式長尺鋼管先受 (AGF)・鏡ボルト・鏡吹付けコンクリートなど、トンネル拡幅部では地盤改良 (一軸圧縮強度 1MN/m²) を実施した。

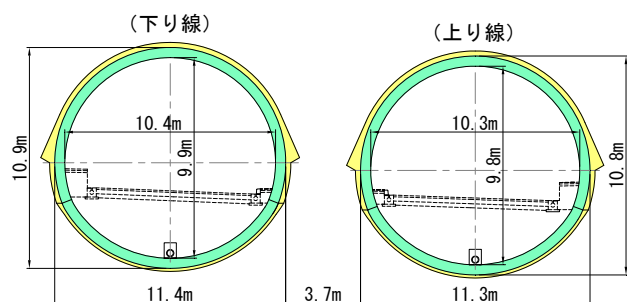


図-2 トンネル断面図 (標準部)

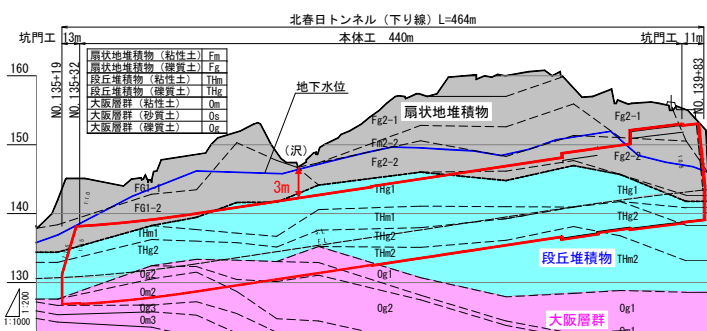


図-3 地質縦断面図

3. 施工方法と変位発生状況

トンネル掘削工事は機械掘削により起・終点の両坑口から開始した (先進坑：下り線、後進坑：上り線)。掘削工法は、当初設計では上半先進ベンチカット工法であったが、掘削開始直後に先進坑側でトンネル内空変位および沈下が大きくなる傾向が計測されたため、補助ベンチ付き全断面工法へ変更した。これにより、仮インバートの閉合

キーワード 超近接双設トンネル, 変位抑制, PC 鋼棒, モルタル杭, 覆工巻厚減

連絡先 〒542-0081 大阪市中央区南船場 1-14-10 大成建設株式会社 関西支店 TEL 06-6265-4604

効果が得られたが、一部の区間で先進坑（下り線）掘削後の後進坑（上り線）掘削に伴い、先進坑の内空変位および地表面沈下が図-4に示すように急増傾向を示した。

有限要素法（FEM）により計測結果（変位量）を再現すべく、事後解析を実施した結果、地盤強度は当初推定値よりも低い値を示した（当初は N 値からの推定値：粘着力 $C=140\sim250\text{kN/m}^2 \Rightarrow$ 解析結果： $C=40\sim70\text{kN/m}^2$ 、追加土質調査により妥当性を確認）。変位急増の原因としては、後進坑（上り線）掘削に伴い、ピラー部のほぼ全域が塑性化（不安定化）し、トンネル周辺地山の安定性が損なわれたものと考えられる。また、その後の施工となるインバート掘削時の予測解析を実施した結果、ピラー部はさらに塑性化し、トンネルの沈下と下半の内空変位はさらに増加するものと予測された（図-5）。

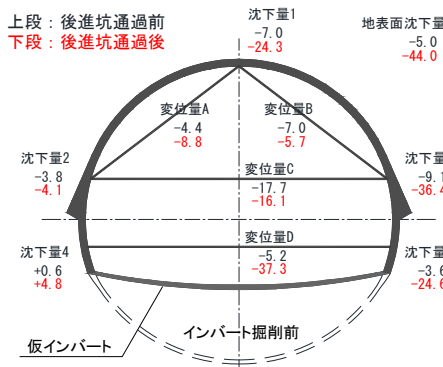


図-4 先進坑の変位状況（後進坑通過前後）

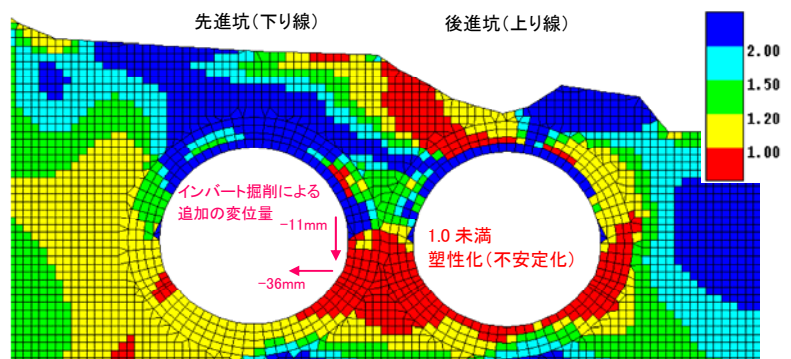


図-5 FEM 解析結果（計測結果を元にしたインバート掘削時の予測結果）

4. 変位対策工

上記の予測結果より、インバート掘削時の変位対策工としてピラー部の補強が不可欠となり、切羽作業に支障をきたさない施工方法として、図-6および図-7に示すPC鋼棒・モルタル杭を提案した。その予測解析結果により、PC鋼棒は内空変位の抑制に効果が高く、モルタル杭は沈下の抑制に効果が高いことが判明したことから、各工法の特徴を踏まえ、場所ごとの変位状態に応じた対策工を選定した。加えて、試験施工を実施し、計測の結果から両工法ともに変位抑制対策として適用可能と判断できたため、必要箇所における施工を実施した。

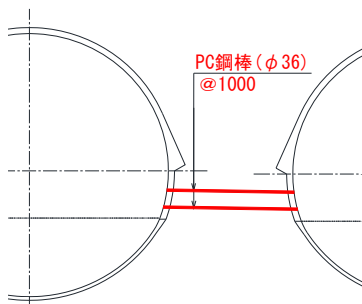


図-6 PC鋼棒による対策工

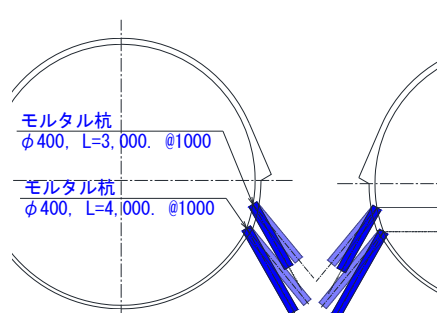


図-7 モルタル杭による対策工

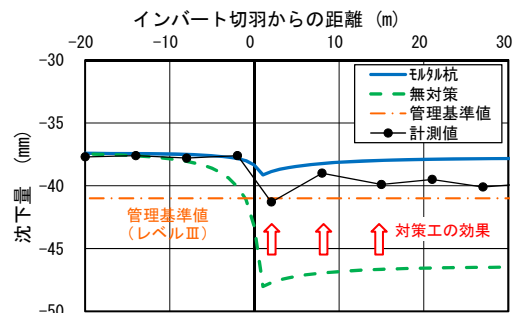


図-8 予測解析値と対策工後の計測値

これらの効果を反映した対策工の採用により、インバート掘削を安全に施工することができた。計測結果に関しては、いずれの工法ともに予測値程度の沈下（図-8）および予測値以上の内空変位の抑制効果があった。しかしながら、初期に発生した変位量が大きかったために、当初設計通りの覆工コンクリートの巻厚（500, 600mmの2種）の確保が困難となっていた。巻厚を確保するための対策として、トンネルの縫い返しを実施することも考えたが、吹付けコンクリートを撤去しなければならなく、その影響によりトンネルが不安定化し変位が増大する恐れがあった。そこで、覆工コンクリートの再設計を実施し、コンクリート強度のアップ（当初設計基準強度 $30\text{N/mm}^2 \Rightarrow$ 変更後 33N/mm^2 ）をすることにより巻厚の減少分（50～100mm）を補う対策も併せて行った。

5. おわりに

本工事は、低土被り・未固結地山の超近接双設トンネルという厳しい施工条件であったが、PC鋼棒・モルタル杭および覆工コンクリートの再設計という各々の効果を反映した変位対策により、安全に施工完了することができた。今回の報告が、同類のトンネル工事の変位対策工として参考となれば幸いである。