

日本道路公団東京建設局 春山 和彦 下山 稔
 鹿島建設(株) 正会員 ○伊藤 弘之 正会員 中村 康彦

1. はじめに

首都圏中央連絡自動車道青梅トンネルは、我が国最初の土砂 NATM による2階建てトンネルであり(図-1)、仮受け工、水平ジェットグラウト工、フットパイル工といった一連の補助工法を採用し、多段ベンチカット・上部覆工先行工法で施工した。

本文では、下半掘削の設計概要と施工実績について報告する。

2. 施工概要

下半掘削に先立ってトンネル内で仮受け杭を施工し、上部覆工自重をこの杭で支持しながら下半(3・4段ベンチ)掘削を行うこととした(図-2)。仮受け杭の打設ピッチは、トンネル軸方向に 4.5m、軸直角方向には7.0mとした。全ての杭頭には5000 kN油圧ジャッキを装着して、上部覆工が完成した区間から上部覆工の自重に相当する2200~2500 kN/本をプレロードとして載荷し、沈下抑制を図った。

3. 設計概要

3.1 施工時(下半掘削時)の設計荷重

下半掘削時に上部覆工に作用する荷重は、覆工自重、坑内重機荷重、下半掘削解放に伴う荷重とし、表-1に示す3つの荷重状態を設定した。なお、ケース2、3の下半掘削解放に伴う荷重(杭反力、鉛直反力、水平荷重)は、以下の手順で推定した。

- ・上半掘削完了までの実測変位に基づき2次元FEM逆解析を実施
- ・逆解析で把握した地盤物性値を用いた2次元FEM掘削解析で3・4段ベンチ掘削時の挙動を予測
- ・FEM解析で上部覆工に発生する断面力を2次元フレームモデルで再現できる荷重を逆算

3.2 上部覆工の検討

上部覆工の検討は、上部覆工自身の縦断剛性を表現するため、3次元シェルモデルを用いて行った。解析モデルは、異常が生じたジャッキまたは杭を交換するため仮受け杭として一時的に機能しない事態も想定し、杭1列を無効とした二次覆工打設3シフト分(27 m)を取り出してモデル化した。3ケースすべての荷重に対しコンクリート、鉄筋の発生応力が短期許容応力度以下となるよう設計した。

3.3 仮受け杭の検討

仮受け杭に作用する軸力として、上述のケース1で無効杭に隣接する杭に生じる支点反力と、ケース2、3で無効杭に隣接する

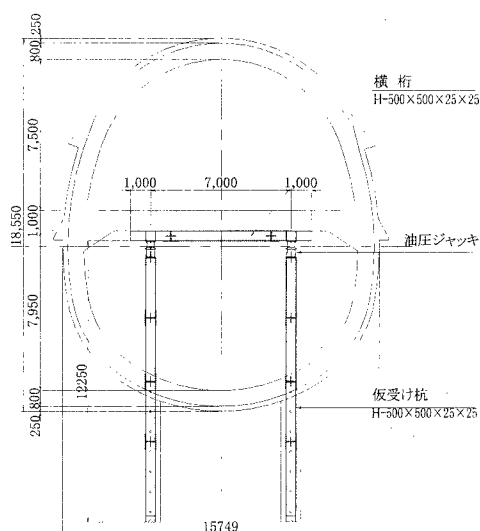


図-1 標準断面図

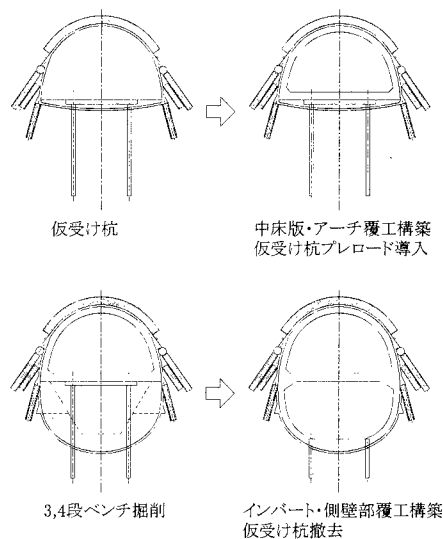


図-2 下半施工ステップ

キーワード: 土砂 NATM、仮受け杭、3次元シェル解析、プレロード

連絡先: 圏央道青梅トンネルJV(事) 〒198-0024 青梅市新町 2-30-13 TEL 0428-32-6880 FAX 0428-32-6882

表-1 荷重ケース(下半掘削時)

	ケース1	ケース2	ケース3
荷重想定状態	一次覆工と二次覆工との縁が切れて、杭が自重のみを支持している状態	一次覆工と二次覆工の縁が切れず、3、4段ベンチ掘削による掘削解放力が杭より伝達され、覆工に作用した状態。 (FEMによる覆工の断面力を再現)	ケース2と同様の状態。 (水平荷重は、中床版の設計用として、中床版に発生する軸力が小さくなる荷重分布)
荷重図			

杭に外力として考慮した荷重(2次元FEM解析により算出した反力)をそれぞれ短期荷重、特殊荷重扱いとし、支持力、杭体の応力に対する照査を行った。

4. 施工実績

4.1 地表面沈下量・中床版沈下量

自動計測の結果、3・4段ベンチ掘削時の地表面沈下量及び中床版沈下量の増分は0~1 mm であり、ほとんど沈下しておらず、フレーム解析の結果に基づいて想定した管理基準値である相対沈下量5 mmを下回る結果となった。

これは、仮受け杭が上部覆工自重による沈下を抑制している事を表しており、杭は想定通り上部覆工自重程度の荷重しか負担していないことに加え、3段ベンチ下1 m まで施工したフットパイルが効果を発揮して堅固な地盤を維持し、中床版両端部の土平崩壊を防止したためと考えられる。

4.2 仮受け杭の軸力

杭に作用する荷重は、上部覆工打設後からプレロード導入前までは500kN/本程度であった。覆工自重100%相当となる2,200~2,500kN/本のプレロード導入後は、3・4段ベンチ掘削によって若干増加したものの、インバート閉合後はほとんど増加しなかった(図-3)。

この結果からも、想定通り上載土被り荷重のほとんどが各補助工法により周辺地盤に伝播され、仮受け杭では上部覆工自重のみを負担していたと考えられる。また、インバートを早期に閉合したことも、変位抑制効果を発揮し、沈下抑制の一因になったと考えられる。

4. まとめ

軸力計測の結果、500kN/本程度の緩み土圧が杭に作用しているものの、下半掘削後も上部覆工及び地表面はほとんど沈下せず、ほぼ予想通りの沈下抑制結果を得る事ができた。

このことから、先受け工から水平ジェットグラウト工、フットパイル工による一連の補助工法で改良された地盤のアーチアクション効果によって緩み土圧を低減し、仮受け杭がトンネル覆工及び地表面の沈下抑制に大きな効果を発揮する事が確認された。

参考文献

- 国内初の2層道路トンネル 首都圏中央連絡自動車道青梅トンネル、トンネルと地下、Vol.29、NO.9、1998.1
- 道路直下における大断面土砂トンネルの施工(その4)、(その5)、(その6) 土木学会 第56回年次学術講演会

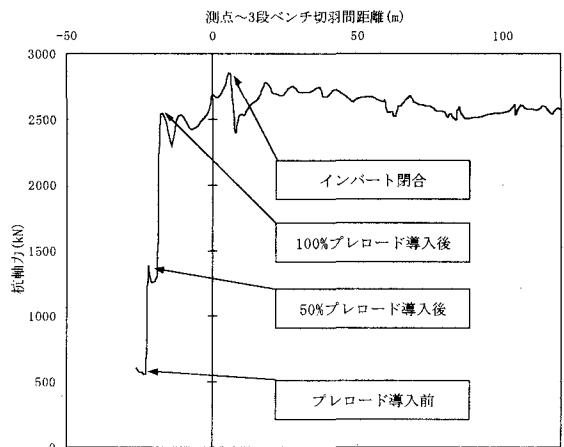


図-3 杭軸力と切羽距離の関係