

市街地における既設トンネル近接施工

塚本 勝幸¹・岡田 弘²・竹村 いずみ³・鈴木 健⁴

¹国土交通省 中国地方整備局 広島国道事務所 (〒734-0022 広島県南区東雲二丁目13-28)
E-mail:tsukamoto-k87hd@mlit.go.jp

²正会員 西松建設株式会社 西日本支社土木部 (〒540-8515 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目4-7)
E-mail:hiroshi_okada@nishimatsu.co.jp

³正会員 西松建設株式会社 中国支店休山トンネル出張所 (〒737-0003 広島県呉市阿賀中央二丁目1-26)
E-mail:izumi_takemura@nishimatsu.co.jp

⁴正会員 西松建設株式会社 土木設計部設計2課 (〒105-6301 東京都港区虎ノ門一丁目23-1)
E-mail:takeshi_suzuki@nishimatsu.co.jp

休山トンネル(下り線) 1,704mは、一般国道185号線(広島県呉市～三原市)のうち、呉市の東西を連絡するバイパスの一部であり、休山改良休山トンネル東工事(以下、本工事と称す)は、このトンネルの東側である阿賀側からL=1,014mを施工するものである。

本工事の坑口部は、供用中のI期線トンネルに近接しており、さらにトンネル直上や施工ヤード周囲に多数の民家が存在する。そのため、坑口部の施工においては、掘削にともなうI期線トンネルの坑内変位や地表面沈下の抑制を行う必要があった。

本稿は、この課題を解決するための対策および対策の実施成果について報告する。

Key Words : thin overburden, execution adjacent to the existing tunnel, paralleled tunnel with no-drift, early section closure

1. はじめに

国道185号線休山新道は、広島県呉市本通六丁目と呉市阿賀中央六丁目とを結び、交通渋滞の緩和や交通安全の確保等を目的として整備を進めている延長2.6kmの道路である。当該道路は、平成14年3月暫定2車線で開通し、呉地区と阿賀・広地区との連絡性が向上し、呉越峠の渋滞が解消されるとともに、事故件数も減少した。

I期線トンネルは、暫定2車線の対面型道路トンネルであり、1日に約40,000台の交通量を有する。本トンネルは、供用開始時から交通渋滞およびそれにともなう交通事故の誘発が問題とされていた。そのため、II期線となる休山トンネル(下り線、以下、本工事と称す、図-1)は、これらの問題を緩和するために建設されるトンネルである。

掘削する地山の主たる地質は、花崗岩である。坑口より約130m区間は、土被り2D(D:トンネル掘削幅=10.5m)以下の小土被り区間である。

本工事の坑口部は、供用中のI期線トンネルに近接しており、さらにトンネル直上や施工ヤード周囲に多数の民家が存在する。そのため、坑口部の施工においては、掘削にともなうI期線トンネルの坑内変位や地表面沈下の抑制を行う必要があった。

2. 坑口部の施工における課題

(1) 供用中の近接I期線トンネル

坑口部のトンネル平面図を図-2に示す。
本トンネルは、I期線施工時の設計においては、



図-1 概略工事位置平面図

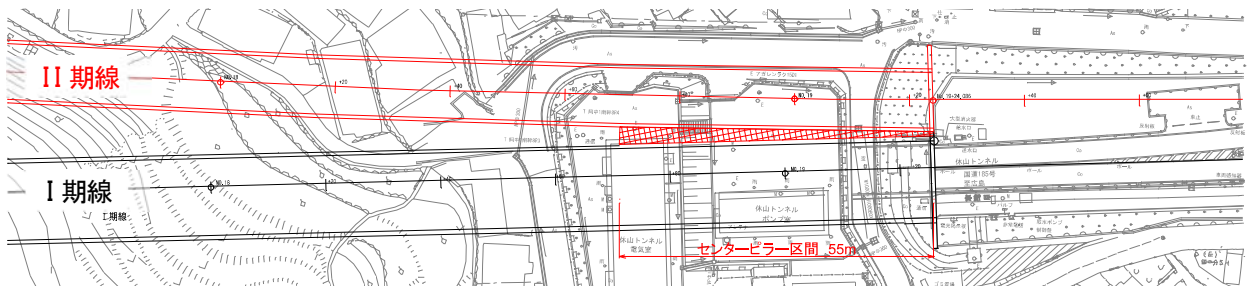


図-2 坑口部平面図

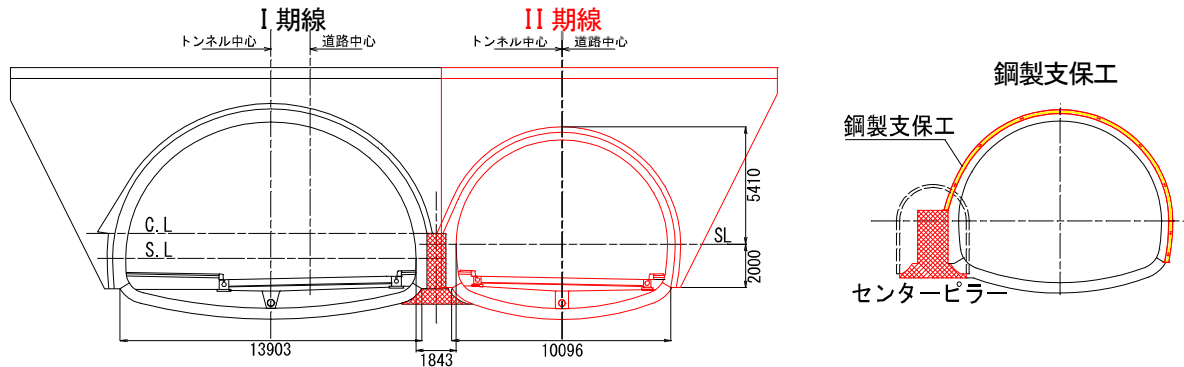


図-3 坑口部断面図および支保構造（当初設計）

両トンネルが近接していることから、導坑めがねトンネルで計画されていた。現在供用している I 期線トンネルは、I 期線と本トンネルの中間部に導坑を掘削し、センターピラーを構築して、I 期線の鋼製支保工をセンターピラーに接地して、トンネルを掘削していた（図-3）。このセンターピラーは、坑口から 55m 区間に構築され、センターピラー区間では、本トンネルと I 期線トンネルとの離隔が 4m 未満であった。

本工事の当初設計では、センターピラーにさらに本トンネルの荷重がかかることで、掘削にともなう I 期線トンネルの坑内変位が懸念されていた。そこで、センターピラー下部地盤の支持力の確認が計画されていた。しかしながら、I 期線トンネルに近接していることから、施工ヤードが狭隘であり、支持力を確認するための調査は困難であった。また、支持力不足が判明した場合は、作用荷重を軽減するための対策工が必要であり、対策工完了まで掘削に着手できなくなることが懸念された。

(2) 坑口部周辺の民家

坑口部の上空写真を図-4に示す。図中の赤い点線で囲んだ領域は、民家のある箇所を示したものである。トンネル直上および周辺に民家が多数存在している。また、坑口から約130mまでは土被り2Dを下回る小土被り区間である。このため、トンネル掘削に伴い地表面沈下が発生し、民家への影響が懸念された。

3. 対策工

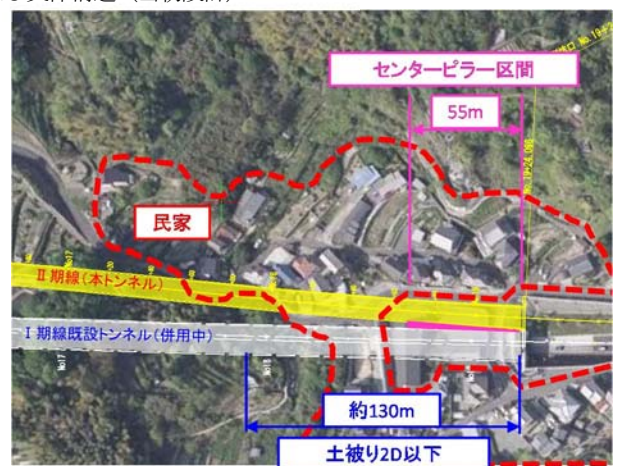


図-4 坑口の上空写真

(1) 無導坑めがねトンネルへの変更

本トンネルの鋼製支保工をセンターピラーに接地することによる I 期線トンネルへの影響を回避するため、導坑めがねトンネルから、無導坑めがねトンネルに変更できないか検討した。検討した結果、本トンネルの坑口部で、水平300mm、上方70mmのシフトで対応可能であることが判明したため、トンネル平面線形および縦断線形を変更し、鋼製支保工をセンターピラーに載せない構造とした（図-5）。

掘削工法は、近接する I 期線トンネルおよび地表面沈下の変位発生を抑制するため、インバートストラット付きの全断面早期閉合法とした。また閉合距離は、変位抑制効果および使用重機の施工性を考慮し、閉合距離は 5m とした⁹⁾。全断面早期閉合法にて掘削する区間は、センターピラー区間の L=55m とした。

(2) 全断面早期閉合掘削区間の施工管理フロー

本トンネルの掘削にともなうI期線トンネルの坑内変位および地表面沈下の傾向を迅速に把握し、速やかに対策工の検討および段取りを行うため、管理基準値の設定および施工管理フローを作成することとした。

a) 計測

I期線トンネル坑内の変位計測については、センターピラー区間を考慮した8測点とし、I期線トンネルにターゲットを設置して、坑外からトータルステーションにて連続的に計測した。

地表面沈下の計測点については、トンネル直上および周辺民家を考慮し47測点を設置した。

b) 管理基準値

I期線トンネル内空変位量、地表面沈下量および本トンネル坑内の内空変位について、それぞれ管理基準値を設定した。管理基準値を図-6に示す。地表面沈下は当初設計に記載された値を採用した。I期線トンネルの坑内変位および内空変位については、FEM解析を実施して設定した。

ここで、内空変位および地表面沈下については、設定した管理基準値をもとに、図-6に示すような領域図を作成し、計測点から切羽までの距離に応じた管理基準値を設定した。すなわち、日々の計測結果を計測点から切羽までの距離に応じて図中にプロットすることで、計測結果を管理し、トンネル掘削に伴う変位や沈下に対して対策工の要否を「見える化」した。

地表面沈下においては、切羽が到達する前の先行変位を考慮した管理基準値の領域図を作成した。これによって、切羽到達前の先行変位を施工管理に活用することができる。すなわち、切羽が計測位置に到達するまでに最終変位を予測することができるようになった。以上より、各管理レベルに応じた対策工の検討が、早期に行うことが可能となった。なお、これらの領域境界は、既往式²⁾や類似条件のトンネル施工時に計測した地表面沈下の計測実績³⁾をもとに作成した。

c) 施工管理フロー

前項で作成した領域図をもとに、図-7に示すような施工管理フローを作成し、各施工体制エリアにおける対策工を設定した。以下に各施工体制エリアの対策工の内容を示す。

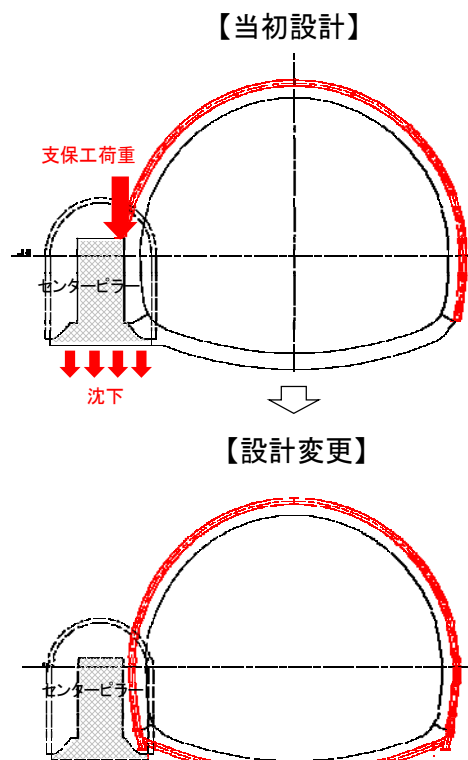
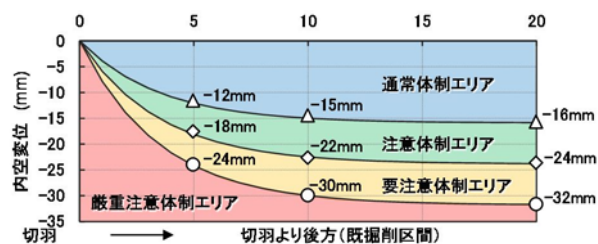
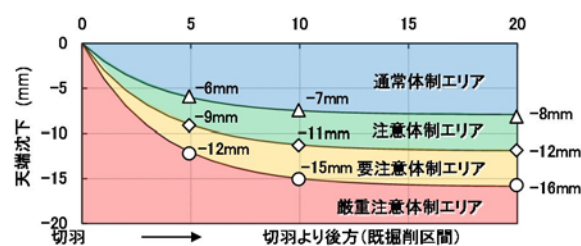


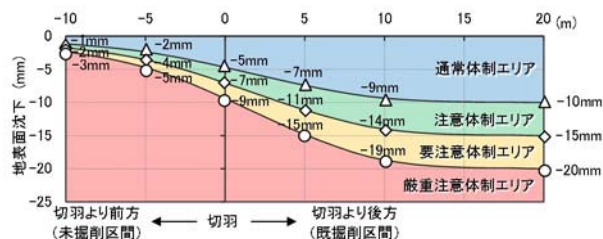
図-5 無導坑めがねへの変更



(a) 内空変位



(b) 天端沈下



(c) 地表面沈下

図-6 切羽距離に応じた管理基準値

【 早期閉合区間の対策フロー 】
早期閉合区間 TD = 0 ～ 55 m

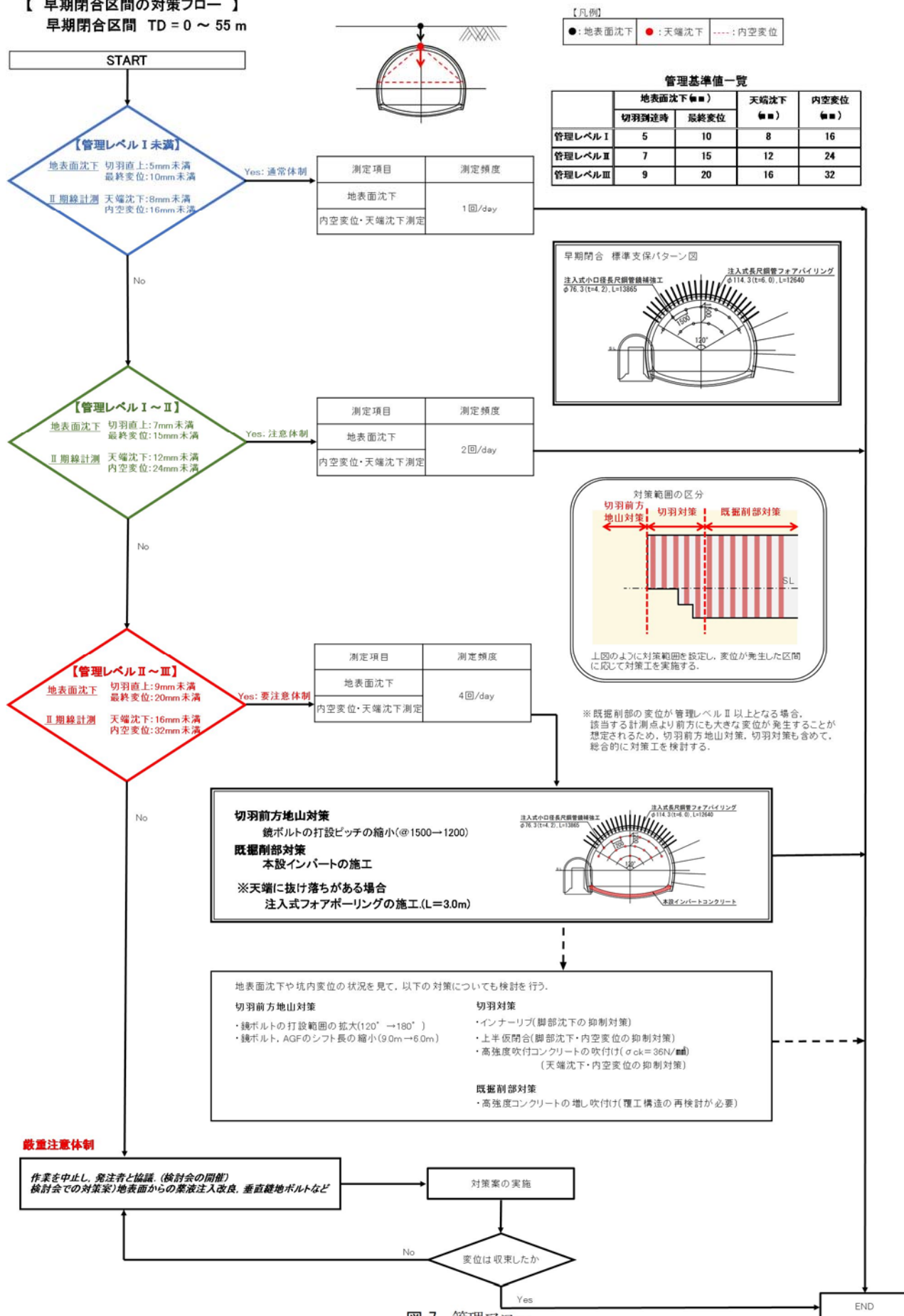


図-7 管理フロー

4. 対策工の実施成果

坑口部施工中における地表面沈下の計測結果を図-8に示す。本報告では、地表面沈下計測結果のうち、注意体制エリアの変位を計測した計測点の変位の推移図と位置図を示す。

変位を観測した計測点が設置されていた箇所は、トンネル直上に存在する国土交通省施設の盛土施工された駐車場の端部であった。該当箇所はコンクリートブロックにより施工されており、掘削によってブロックが微量に沈下したものであることを確認している。その他の計測点の変位は、いずれも4mm以下であり、通常管理レベルの変位で収束した。

5. おわりに

本トンネルは、近接した供用中のⅠ期線トンネルおよび坑口部周辺に多数存在する民家を考慮した施工を行う必要があった。当初設計では、導坑めがねトンネルであったが、本トンネルの鋼製支保工をセンターピラーに接地することによるリスク回避として、無導坑めがねトンネルへ変更するとともに、全断面早期閉合法を採用して、Ⅰ期線トンネルおよび地表面沈下の変位発生を抑制した。また、管理基準値を用いた施工管理フローを作成し、Ⅰ期線トンネルや地表面沈下の変位発生の迅速な把握と対策工の検討を行った。

これらの対策工を行った結果、実施工において発生した変位はいずれも小さく、支保のグレードアップ等の追加の対策は発生しなかった。このことから、今回の対策工は、変位の発生抑制に効果的に機能したと考えられる。また、本トンネルの設計には、当該区間の補助工法として注入式長尺鋼管フォアパリングと鏡ボルトが計画されていた。この補助工法を実施したことで、切羽前方地山が改良されたことも変位の抑制効果があったと考えている。

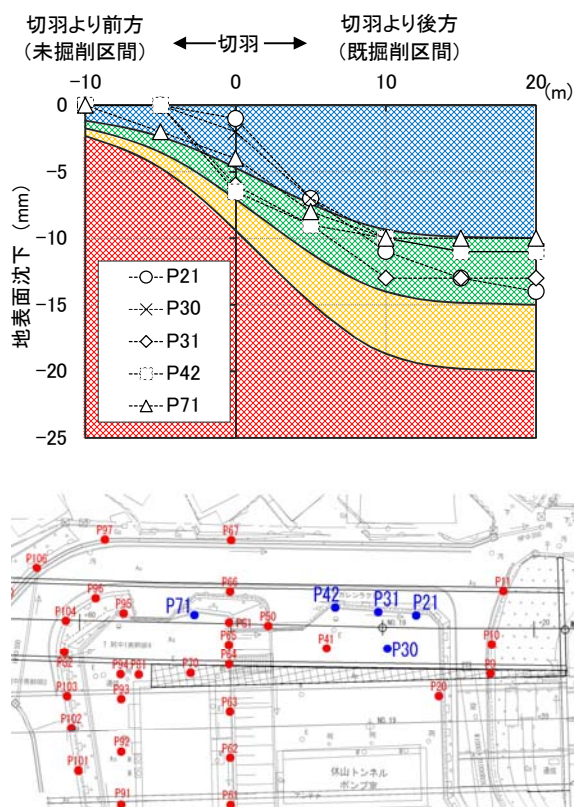


図-8 地表面沈下計測結果

参考文献

- 1) 鬼頭夏樹, 大谷達彦, 岡部正, 森本真吾他: 全断面早期閉合における閉合距離短縮時の留意点について, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, VI-052, 2014
- 2) M. Panet, A. Guenot: Analysis of convergence behind the face of a tunnel, Proceedings of the International Conference on Tunnelling, pp.197-204, 1982
- 3) 多田浩治, 津野和宏, 石丸潔, 亀谷英樹: 構造物直下の双設トンネルを早期閉合により施工, トンネルと地下503号 Vol.43, No.7, pp.23-33, 2012

(2017.8.11 受付)

THE TUNNEL EXCAVATION CLOSE TO EXISTING TUNNEL AT CITY AREA

Katsuyuki TSUKAMOTO, Hiroshi OKADA, Izumi TAKEMURA and Takeshi SUZUKI

The tunnel portal of Yasuniyama tunnel(2nd phase) is close to the existing tunnel(1st phase) and there are many houses at the surface on these tunnels and near the working space. Because of this severe condition it was needed to control the displacement of existing tunnel and the ground settlement of private houses caused by the excavation of new tunnel(2nd phase).

The original design when the existing tunnel was excavated was planed as a paralleled tunnel with the drift used for the foundation of the arch ribs of two tunnels. But this type of tunnel structure was worried about bad effects for the tunnel stability. The new alternative design was a change of section and longitudinal tunnel alignment and tunnel was excavated by the early section closure method. The tunnel excavation was completed safely and the deformation was controlled by this alternative design.