

トンネル坑口部の偏土圧対策の設計・施工

山口 茂¹・角丸 吉浩²・中齊 剛³・宮下 智行⁴・牧野 淳一⁵

¹中日本高速道路株式会社 岐阜工事事務所 八幡工事区 (〒504-0957 岐阜県各務原市金属団地131番地)

²三井住友建設株式会社 土木技術部 (〒164-0011 東京都中野区中央1-38-1)

³三井住友建設株式会社 中部支店 (〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄四丁目3番26号)

⁴三井住友建設株式会社 中部支店 (〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄四丁目3番26号)

⁵正会員 三井住友建設株式会社 中部支店 (〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄四丁目3番26号)

E-mail:jmakino@smcon.co.jp

小瀬子トンネルの貫通側坑口部は、Ⅰ期線トンネル施工時に 1:0.5 勾配で切土して、切土補強土工が施された偏土圧地形の小土被り区間であった。Ⅱ期線トンネル工事では、工法変更して、坑口部の偏土圧対策工として「深礎杭+擁壁」を設計・施工した。

Key Words : shallow depth, unsymmetrical pressure, portal area, retaining wall with caisson type pile

1. はじめに

小瀬子トンネルは、奥美濃と呼ばれる岐阜県郡上市に位置し、近くを清流として有名な長良川が流れる東海北陸自動車道の4車線化工事のⅡ期線トンネルである(図-1)。本トンネルの貫通側(南坑口)坑口部のトンネル側面は、Ⅰ期線トンネル施工時に、地山が1:0.5の勾配で切土された後、補強土工が施工されており、SLから45°方向の最小土被りが1.8m程度と極めて薄い状況にあった。土被りが小さい場合には、トンネル掘削による影響が地表に及び、地すべりや偏土圧等を引き起こしてトンネルの安定性が懸念されるため、当初設計においては、「スライスカット+抱き擁壁+押え盛土」が対策工として計画されていた。しかし、当初設計案の地山の大規模なスライスカットの片切施工は、急峻な地形と当該施工箇所下方にⅠ期線および国道156号が位置していること等の地形的制約から施工時の安全性確保に影響を及ぼすことが想定された。そのため現状の地山ラインを極力切土せず、所定の必要な土被り厚(当初設計と同様に2.5m以上)を満足させるため、坑口部の偏土圧対策工、「深礎杭+擁壁」に工法変更して設計施工した。図-2 に作業坑貫通後の現場状況写真を示す。

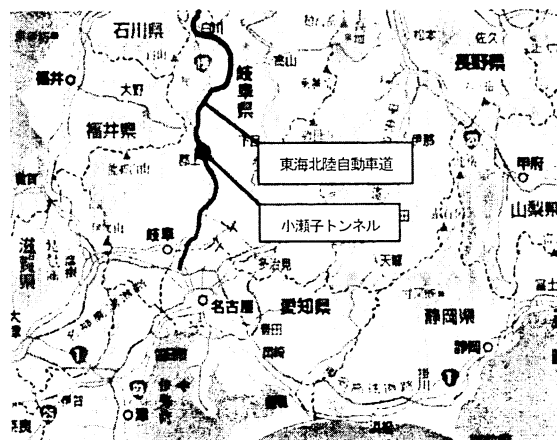


図-1 小瀬子トンネル位置図

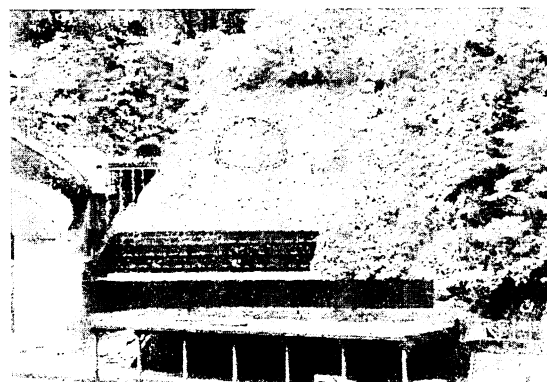


図-2 作業坑貫通後 現場状況写真

2. 工事概要

工事名称：東海北陸自動車道

小瀬子トンネル工事

工 期：平成18年9月6日～平成20年11月23日

発 注 者：中日本高速道路株式会社

中部支社 岐阜工事事務所

工事個所：岐阜県郡上市八幡町瀬取

工事延長：1222m

トンネル延長：本坑 L=700m

作業坑 L=30m

掘 削 断 面：本坑 66.5m²～81.1m²

作業坑 27.8m²

トンネル工法：NATM

掘 削 方 式：発破掘削

掘 削 工 法：補助ベンチ付き全断面工法

小土被り区間：L=30m

3. 地形・地質概要

当トンネルの周辺は美濃山地と呼ばれる山岳地帯で、地質は主に中生代美濃帯に属する小駄良川層の徳永砂岩部層である。トンネル基盤岩の地質は砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層により構成されている。砂岩は堅硬緻密であるが、亀裂の発達も見られ、亀裂面もやや開口している。一方、頁岩は黒色を呈し層理面が発達し、タービダイト様相を示す岩相や珪質頁岩相を持つ。全体としては頁岩が主体を成し、砂岩が帯状に分布している（図-3）。

南坑口部の偏土圧対策区間の坑口は傾斜45°～50°の急斜面に位置しており、起伏の少ない様な斜面である。被覆層は薄く1～2m程度の崖錐で、10cm～20cm程度の砂岩岩片を多く含む。基質部は、粘性分が少なく砂質で

あり、基盤には硬質な塊状中粒砂岩が分布する。開口亀裂には流入土砂が充填され、網の目状に頁岩の薄層を挟み頁岩に沿って亀裂が発達している。

4. 当初設計の偏土圧対策工

当初設計の偏土圧対策工は抱き擁壁と押え盛土で、小土被り区間では最も施工事例が多く、信頼性の高い工法である。しかし、この対策工施工において、既設法枠の撤去および法面の切り直し、すなわち直高20m以上のスライスカット（1:0.5勾配の3段法面）を行う必要があるため、以下が懸念された。

- ・当該施工箇所の下方にⅠ期線、国道156号および鉄道が位置しているため（図-2 参照）、施工時に地山崩落等が発生した場合、直接供用線への落石等、甚大な被害を及ぼす可能性がある。
- ・トンネル上の法面を改変することにより、地山のゆるみを生じさせてしまう。
- ・作業構台からの掘削（約3 000m³）のうち約400m³が硬岩掘削であるが、近接施工に伴い火薬の使用が困難であるために効率的な施工ができず、大幅な工期の遅れが生じる可能性がある。

さらに、同様の地質条件の近接工事において、地山掘削時に小規模の表層崩壊が発生した。これらのことから、当初設計の変更を検討する必要があった。図-4 に当初設計と変更後の偏土圧対策工平面図を示す。

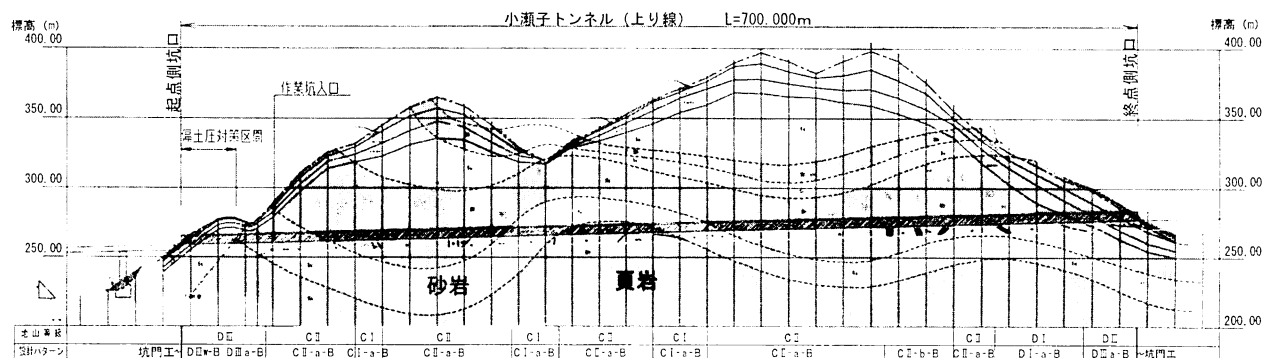


図-3 地質縦断面図

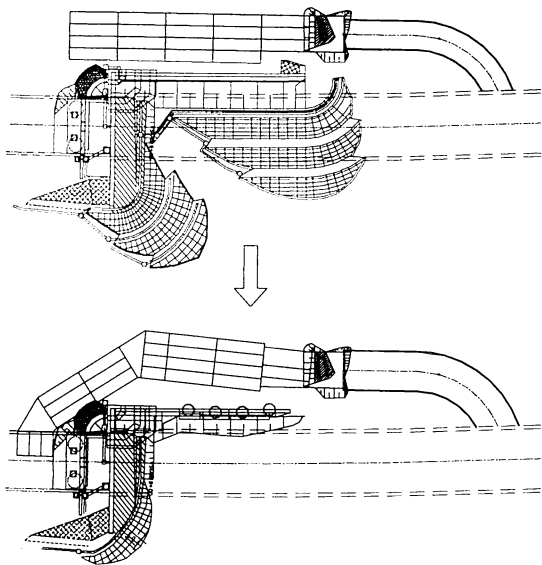


図-4 当初設計および工法変更 平面図

5. 小土被り部の設計変更

当初設計の懸念事項の解決策として「深礎杭＋擁壁」への工法変更を実施した。ただし、坑門部のトンネル本体の地耐力に問題がある区間については当初設計どおり「置き換えコン＋抱き擁壁」とした。以下に変更設計の特徴を示す。

- ①大規模な法面掘削を減らすことで、法面崩壊およびⅠ期線、国道および鉄道への落石等を回避できる。
- ②トンネル上の法面を改変しないため、地山のゆるみ抑制とトンネルの安定性向上が図られる。

- ③深礎杭に変更するため大規模な法面掘削の必要がなくなり、自然にやさしく、景観上も好ましい。また、自然水の改変が少なくてすむ。
- ④軽量盛土をソイルセメントに変更することにより、盛土重量が大きくなり押え盛土としての効果が期待でき、偏土圧対策として有効である。
- ⑤当該区間全体の工期を2ヶ月程度短縮でき、他業者への引渡しを期間内に行える。

6. 小土被り部対策工の施工フロー

今回の変更設計に伴う小土被り部対策工の施工フローは、次のとおりである（図-5）。

STEP1：・作業坑貫通

- ・トンネル坑門前の橋台前まで仮栈橋を構築
- ・仮栈橋上に土砂を仮盛土して深礎杭施工ヤードを造成
- ・深礎杭の施工

STEP2：・坑門背面部法面切土

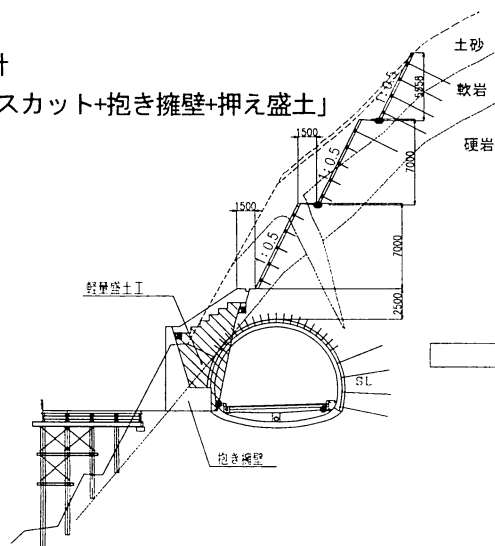
- ・トンネル坑口部法面切土
- ・坑門抱き擁壁部置き換えコンクリートの施工
- ・抱き擁壁および深礎杭擁壁の施工
- ・ソイルセメント盛土施工

STEP3：・仮盛土撤去

- ・トンネル坑門前橋台の施工
- ・本坑貫通
- ・仮栈橋の撤去

当初設計

「スライスカット+抱き擁壁+押え盛土」



工法変更

「深礎杭+擁壁」

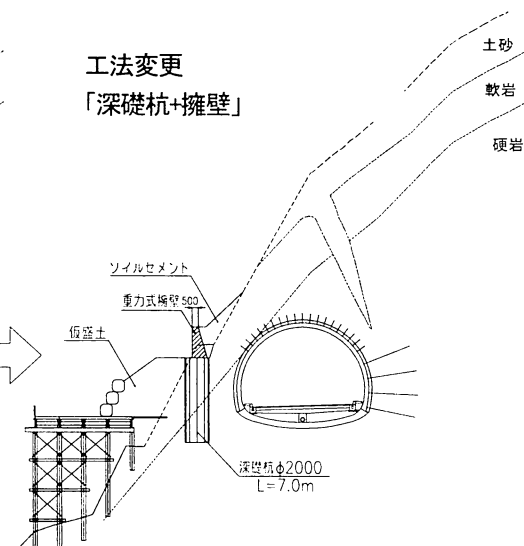
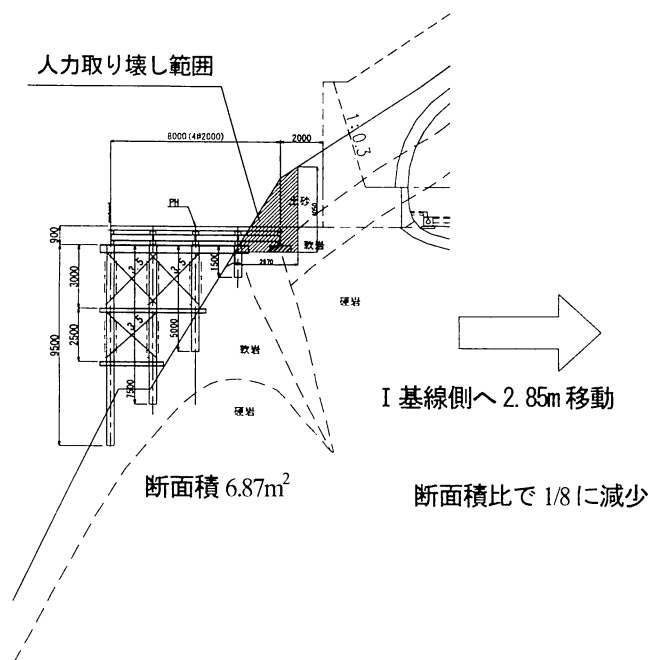


図-5 当初設計および工法変更 横断面図

当初設計



工法変更

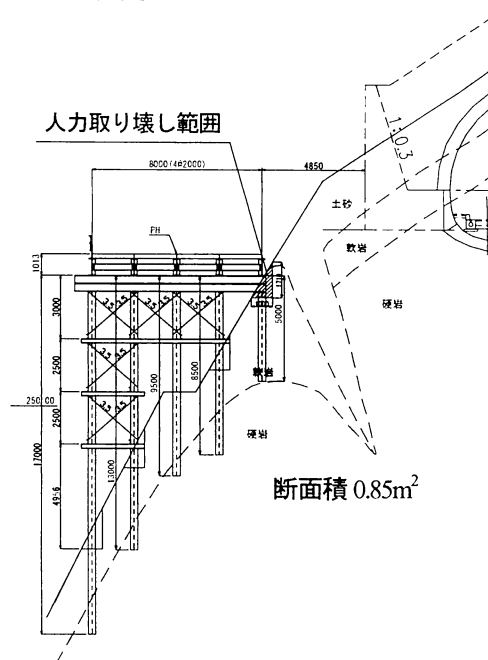


図-7 当初設計および工法変更 仮栈橋断面図

この位置は直下に他工事の橋脚施工ヤードと国道156号があり、現状の地山に所々岩肌が露出し、落石防護ネットが設置してあることから、対策が非常に取りにくい状況であった。また、坑門工の置換えコンクリート施工後には、仮栈橋に戻ることができなくなってしまい、施工にも無理があった。

よって、仮栈橋をトンネル坑門前の橋台まで延ばすことが、安全面・施工面の両方に優れていると判断した（図-4、図-7）。

(3) 坑門背面部の3段法面のスライスカットの変更

坑門背面部法面はトンネル坑門前の橋台からの掘削直高35m程度のスライスカットとなるため、施工時の地山崩落が発生した場合、国道156号へ落石等の危険があった。他工事において、今回の法面切土施工近くで表層崩壊が発生したことから、想定よりも崖錐が崩れやすく、現在安定している法面を極力触らない方法へと変更した。これは、坑門背面の平場を狭くすることで、坑門背面部法面を3段から1段に変更した（図-8）。

この結果、小土被り部の工法変更と同様に、大規模な法面掘削をなくすことで、法面崩壊および国道への落石の危険性を排除することができた。また、自然にやさしく、景観上も好ましい形状に変更することができた。

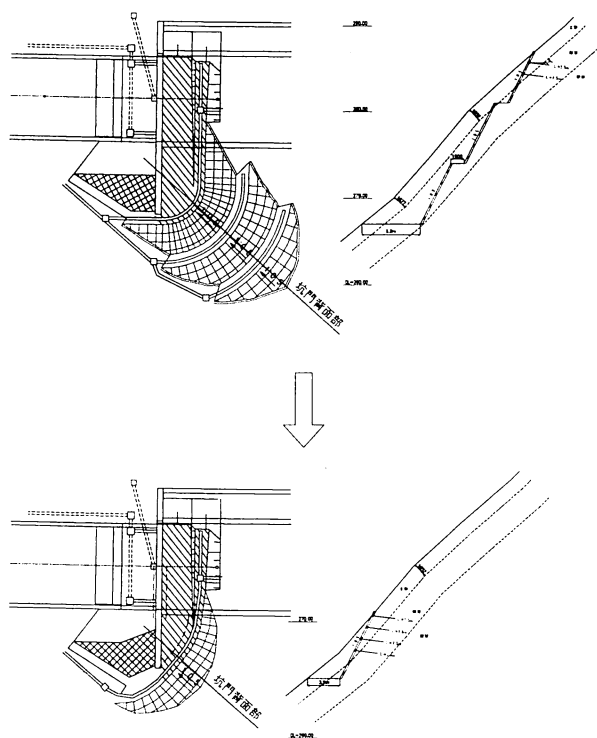


図-8 当初設計および工法変更 坑門部背面図

8. 施工結果

本坑掘削による地表面沈下，内空変位ともに最終変位量が管理レベルⅠ以内で収束した。このことから，施工時の安全性および小土盛り部の恒久的な安定性が確保できたと考えている。



図-9 本坑貫通後現場写真

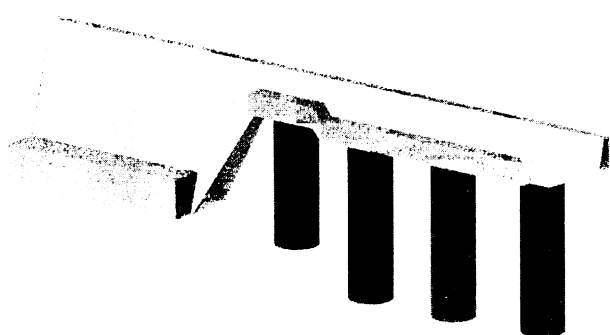


図-10 「深礎杭＋擁壁」案 パース

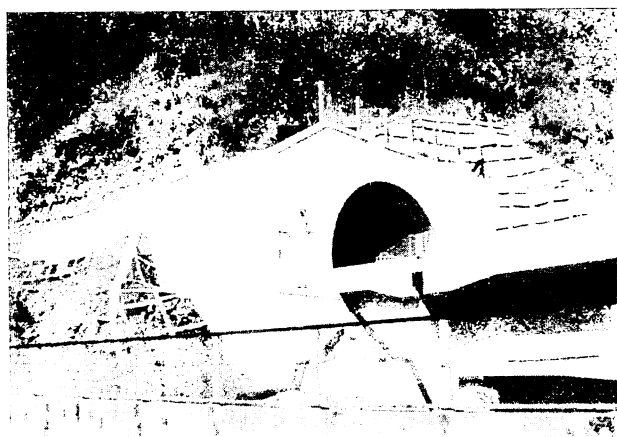


図-11 南坑口部完成写真

9. おわりに

今回の「深礎杭＋擁壁」案は 1:0.5 勾配の法面に直径 2m の深礎杭を施工する，仮栈橋上に土砂を仮盛土し施工ヤードを確保して深礎杭を施工する，という特異な偏土圧対策工を採用した。

小瀬子トンネル南坑口は地形条件に加え，施工ヤードが狭小で国道の 30m 真上にあたる箇所という大変厳しい施工条件であったが，綿密な工法検討の実施，施工条件に適した対策工の選定等を行ったことで，当初設計と比較して工期，施工性，経済性，安定性および安全性に優れた設計・施工ができた。

今回の設計・施工において，偏土圧を受けるⅡ基線トンネル坑口で，極力地山を改変しない対策工を確立した。

参考文献

- 1) 今田，岡林，野間：最新 山岳トンネルの施工，鹿島出版会，pp22-36，1996
- 2) 山岳トンネルの坑口部の設計・施工に関する研究報告書（日本道路公団委託），1985，社団法人日本トンネル技術協会

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MEASURES OF UNSYMMETRICAL PRESSURE AT PORTAL AREA

Sigeru YAMAGUCHI, Yoshihiro KAKUMARU, Takeshi NAKASAI,
Tomoyuki MIYASHTA and Junichi MAKINO

The portal area at the hole through side of Kozeko Tunnel was constructed in the shallow depth section with unsymmetrical earth pressures where reinforced soil had been executed with cutting slope 1:0.5 at the first line tunnel construction.

At the second line tunnel construction, retaining wall with caisson type pile was designed and constructed for the measures against unsymmetrical pressures at the portal area.