

交通供用下の高速道路における既設トンネルの 活線拡幅の設計・施工について

The design and construction of road widening under existing tunnel without traffic control

禿 和英¹⁾、堂上幸男²⁾、蔭山正美³⁾、多宝 徹³⁾、中川浩二⁴⁾

Kazuhide KAMURO, Yukio DOJO, Masami KAGEYAMA, Toru TAHO, Koji NAKAGAWA

Okura tunnel is located in Route 4 of Kitakyushu Urban Expressway. The road in the up-line that has two lanes is restructured wider to have three lanes within 170m range from pithead. The construction is carried out while the two lanes are open by installing protectors as guardrail inside the tunnel.

Road widening without traffic control by using protectors is conducted in other cases before but this construction is recognized to be the first case for widening of two lanes to three under urban expressway's heavy traffic.

This report presents the construction's plan and design summary, and discusses the differences in the design and the actual construction of tunnel excavation.

Key Words: road widening without traffic control, protector, tunnel with large cross section

1. はじめに

北九州高速4号線のうち、大谷トンネルと大蔵トンネルとの間に位置する大谷ランプ上り線入り口は、現在、一旦停止による乗り入れとなっており、交通機能の低下を招いている。さらに、このような状況の中、新規路線である北九州高速5号線(戸畑大谷線)が大谷出入口部に接続する計画となり、JCTとしての機能も要求されることになった(図-1参照)。

このため、本工事は、大谷JCT付近の交通の円滑化を目的に、大蔵トンネル上り線側の福岡側坑口部を現在の2車線から3車線断面に拡幅(延長約170m)するものである。

本報告は、大蔵トンネル活線拡幅の計画・設計の概要について述べ、現在までに完了したトンネル掘削工に関して施工状況を述べるものである。

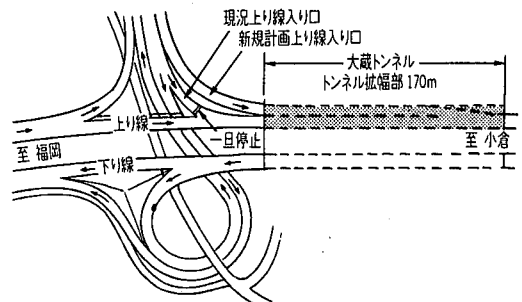


図-1 大谷 JCT 付近平面図

2. 本トンネルの計画・設計における問題点

拡幅工事にあたっては、大蔵トンネルが位置する北九州都市高速4号線の交通量が約6万台/日(断面交通量)

- 1) (株)建設技術研究所 九州支社 技術第2部
- 2) 福岡北九州高速道路公社 北九州事務所 工事課
- 3) ハザマ・奥村・東急建設工事共同企業体
- 4) 山口大学工学部社会建設工学科

を有する北九州都市圏の重要道路であるため、道路利用者への影響を極力少なくすることを目的に昼間の2車線確保かつ夜間の通行止めを極力少なくする施工方法の採用が必須条件であった。

既設トンネルの活線拡幅工事は、これまでにいくつかの事例はあるものの、本事例のように、高速道路において2車線を確保したまま既設トンネルを拡幅した事例は現在のところほとんどない。

したがって、大蔵トンネルの拡幅工事は『自動車専用道路における交通供用下での既設トンネルの拡幅』となることから、計画・設計段階においては、供用交通への防護手段、断面形状を含めた施工方法の選定が特に重要な課題であった。

3. 供用交通への防護手段

供用交通への防護手段としては、既設トンネルの現状断面幅を踏まえ、図-2に示すように車線幅を3.25m×2、路肩を両サイド0.5m、高さ4.15mの内空断面を有するプロテクターを用いて、車道と工事区域とを完全に分離し施工する計画とした(図-3参照)。プロテクター構造の検討にあたっては、プロテクター上での大型重機の作業に伴う死荷重や活荷重、掘削ずり、既設覆工撤去時の落下等による衝撃荷重を考慮した¹⁾。

また、プロテクターは、現場の仮設ヤードの関係から、1ブロックの長さを12mとし、現場での組立時間を短縮するため、工場でプレキャスト化(1ブロック当たり10ピース;図-4参照)したものを組立ヤードに搬入し、1日に1ブロックずつ昼間に組立てを行い、夜間にトンネル内へ搬入・設置する計画とした。

プロテクターの坑内への搬入・設置作業については、①既設トンネルとプロテクター肩部とのクリアランスが5cm程度と非常に小さい、②プロテクターの重量が1ブロック当たり60tと重い、③夜間の全面通行止めにおける作業時間が22:00~5:00までに限られるなどの厳しい施工条件にも関わらず、トラブルもなく、全線205m、17ブロックを、17日の夜間通行止めで施工完了した²⁾。

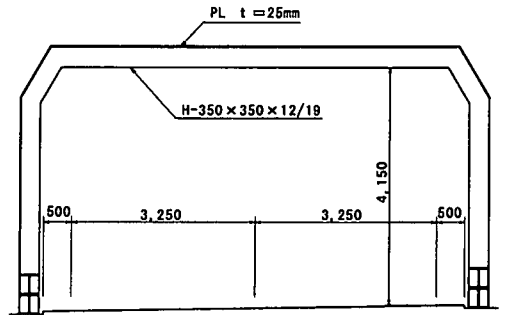


図-2 プロテクターの内空断面寸法

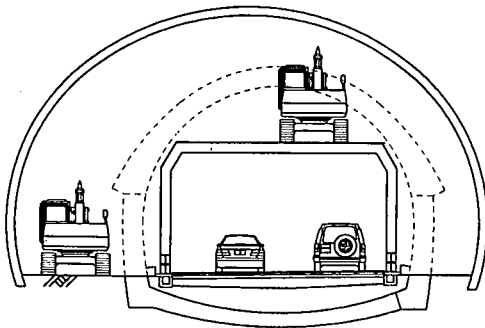


図-3 トンネル掘削の概念図

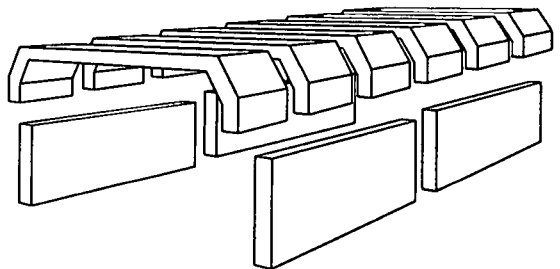


図-4 プロテクターの組立図

4. トンネル断面の設定

本トンネルの地山状況は、事前の調査結果よりトンネル坑口から80m区間は砂岩・頁岩(如来田層)主体の地山であるが、この区間には3本の破碎帯が確認されており、その影響により風化が深部まで進行し劣悪な地山状況を呈していた。一方、115m以奥は、一軸圧縮強度200MPa程度の粗粒凝灰岩、凝灰岩砂岩(塩浜層)が分布し、C I~B級相当の良好な岩盤が分布すると予想された³⁾。

一般に新設トンネルの場合、トンネル断面は、建築限界等を満足し掘削量が最小となる断面を設定することが経済的な形状となるが、本トンネルの場合には、プロテクターの外側に作業スペースが必要であり、かつ3車線の超大断面トンネルでの支保設置、硬岩掘削の施工性を考慮して建築限界に対して余裕のあるトンネル断面を設定した³⁾。

すなわち、作業スペースは、大きくするほど作業性が向上するが、大きくしすぎると経済性が失われることから、施工時の作業効率と工事費・工期および工事に伴う交通規制等を総合的に検討し、上半断面については、比較的大型の汎用重機(0.45m³級バックホウ)が施工可能な断面形状を設定し、右側(追越車線側)下半については、小断面トンネル等の施工を参考にし、0.2m³級のバックホウが使用できる幅(2.5m)を確保するものとした(図-5参照)。

その結果、掘削断面は、通常の3車線断面では、あまり施工例のない大断面(掘削断面積約155m²)となったが、現在工事の進められている第二東名・名神高速のトンネル断面(掘削断面積約180m²)より若干小さく(図-6参照)、トンネルの安定性、経済性を確保した上で十分に施工できるものと判断した。

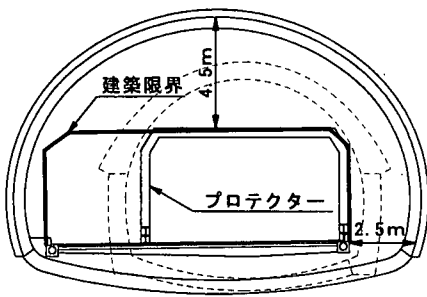


図-5 拡幅トンネルの内空断面

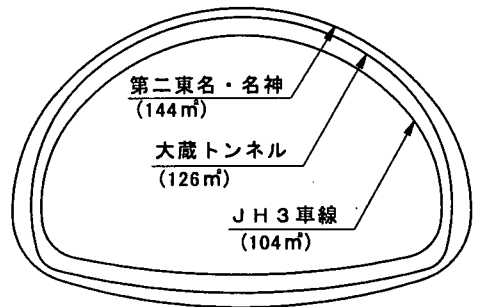


図-6 内空断面の比較図

5. トンネル掘削工

(1) 施工手順

図-7 に施工次第図を示す。トンネル本体工事は、まず、プロテクターを設置した後、トンネル掘削を行い、次いで、二次覆工、インバート工を施工する。一般的な新設のトンネル施工では、インバート工のあとに二次覆工の施工となるが、本トンネルの場合には、二次覆工施工時の供用交通の安全性を確保するために、インバート工に先行して二次覆工を施工する。

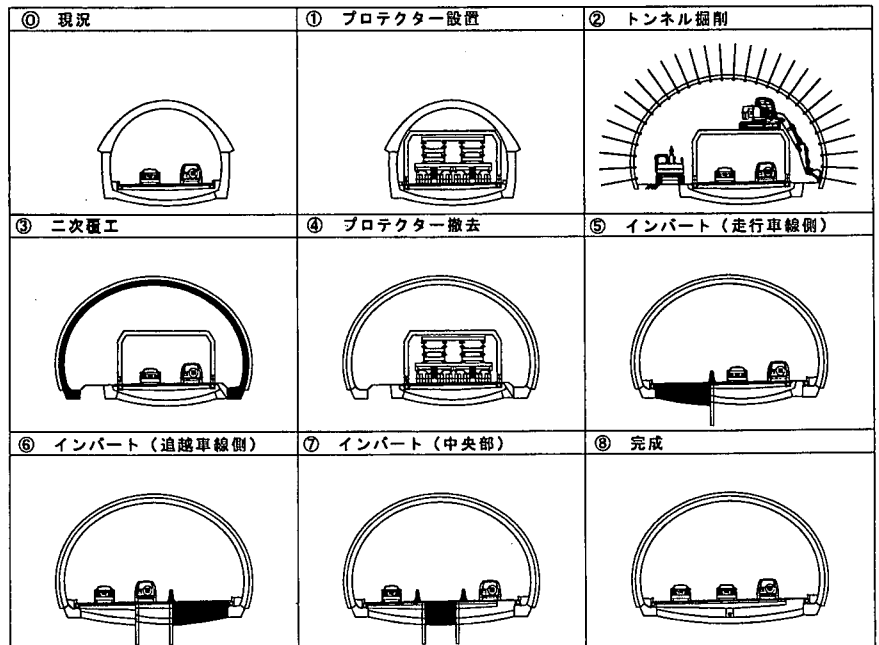


図-7 施工次第図

(2) 掘削方式と掘削工法

本トンネルの掘削方式は、プロテクター内の通行車両の安全性ならびに坑口周辺の民家に対する環境対策として機械掘削を採用した。ここで、主要な掘削機械は、坑内での作業スペース、プロテクター上での重機重量の制約および効果的な既設覆工の取り壊し等を考慮し、ブレイカを主体とした。

上半盤と下半盤とのカットジョイントについては、施工性を考慮しプロテクター天端から約1m下がった位置とした。また、下半盤についてはプロテクターで左右に分離される。ここで、仮設ヤードのずり置き場が、走行側に位置してい

たことから、上半および追越側下半の掘削ずりは、走行側下半で処理する計画とした。したがって、掘削工法については、図-8に示す加背割のもと、図-9に示す機械配置（上半掘削時）を基本とし、約30mのベンチ長を有する上半先進工法を採用した。

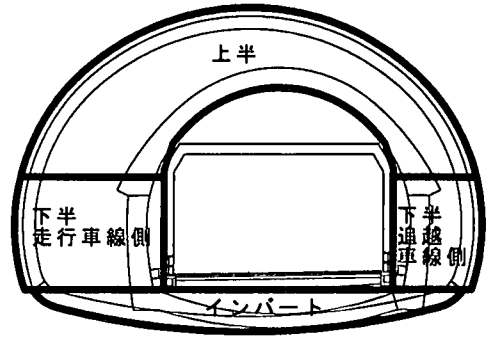


図-8 加背割図

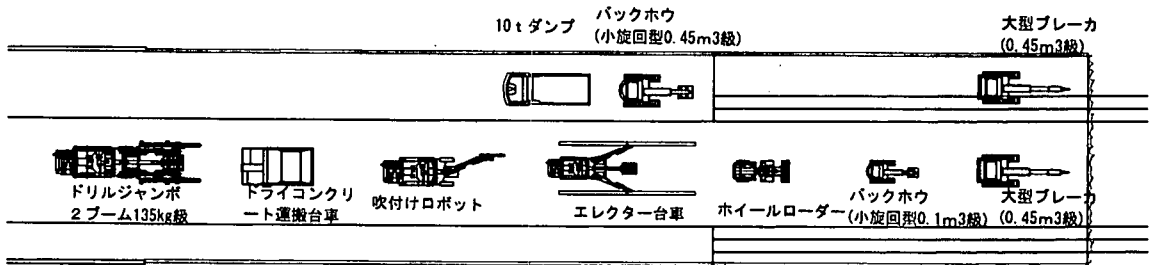


図-9 機械配置平面図

(3) 補助工法

当初、坑口より80m区間は非常に風化が進行した劣悪な地山状況と予想されたこと、また、掘削断面が155m²もの扁平大断面を掘削することから、切羽天端の安定対策工としてパイプルーフ工(φ508mm、25本)を採用していた。しかし、坑口より55m付近で一軸圧縮強度が300MPa程度の転石状の硬岩が局所的に出現し、パイプルーフ工の掘進が困難な状況となった。

このため、パイプルーフ工欠損部の対策工の選定にあたっては、パイプルーフ工区間におけるトンネル掘削状況および切羽観察から以下の点に特に留意した。

- ① プロテクターで制約された坑内で施工可能であること
- ② 供用道路上において、不良地山を扁平大断面で掘削するため、確実に切羽の安定が確保できること
- ③ 既設トンネル掘削時に一度緩めており、アーチ作用が期待できない崩落性が高い地山であり、拡張掘削に伴う緩みの助長を抑止できること

上記の留意点を勘案し、対策工としては、制約された坑内空間で施工可能な対策工について、効果、工費、工期、安全性および現有の使用重機の施工能力について比較検討した結果、中尺のAGF工法(Φ114.3mm 鋼管長6.5m 掘進長3m)を採用した。

(4) トンネル掘削工

図-10に上半掘削の概念図および写真-1に掘削状況を示す。

トンネル上半盤の掘削工は、『掘削→ずり処理→一次吹付け→既設覆工取り壊し→コンクリートガラ処理→支保工建て込み→二次吹付け→ロックボルト工』のサイクルを基本とした。ここで、既設覆工の取り壊しは、掘削のあとの1次吹付け後に行った。これは、既設覆工が切羽前方の緩みの抑制効果、すなわち先受け効果が期待でき

ると考えこのようなサイクルとした。

下半掘削において、左側（走行側）は加速車線設置に伴う拡幅のため、大型ブレーカ（800kg 級）の作業スペースが確保でき比較的施工性はよい（図-11、写真-2 参照）。一方、右側（追越車線）の下半は、プロテクター側壁と掘削面との離隔が 2.5m 程度しか確保できないため、プロテクター上に配置した大型ブレーカ（800kg 級）で掘削を行い、下半盤に 0.2m³ 級のバックホウを補助的に投入し（図-12、写真-3 参照）掘削作業を行った。

ロックボルトについては、上半および左側下半は 2m のものを、右側下半については 1m のものを所定の長さまでつないで施工した（写真-4 参照）。

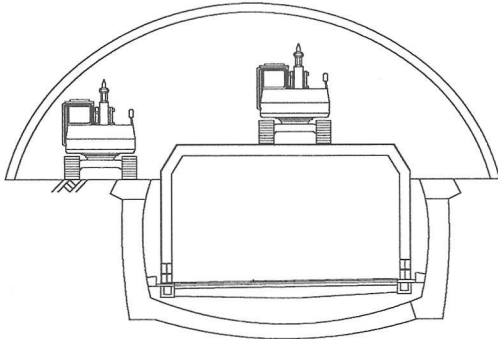


図-10 上半掘削の概念図



写真-1 上半掘削の状況

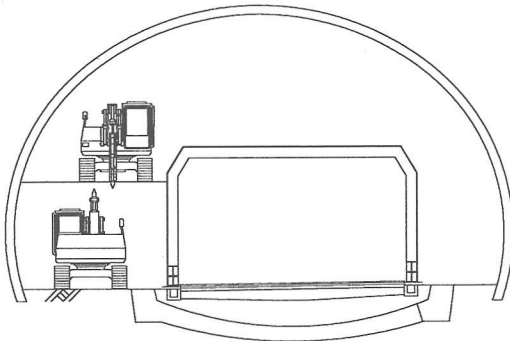


図-11 下半（走行側）掘削の概念図

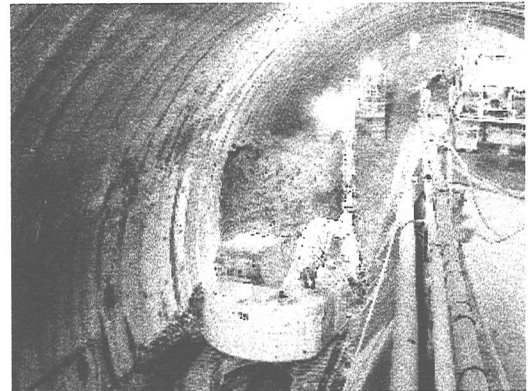


写真-2 下半（走行側）掘削の状況

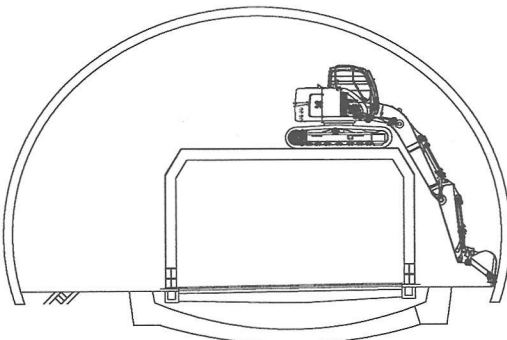


図-12 下半（追越側）掘削の概念図

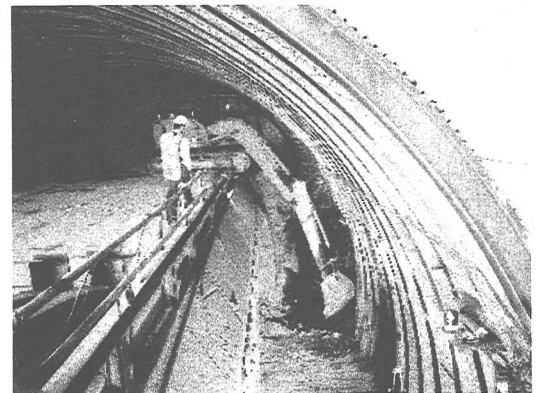


写真-3 下半（追越側）掘削の状況

6. おわりに

以上、大蔵トンネル活線拡幅工事の計画・設計の概要およびトンネル掘削状況について述べた。

大蔵トンネルの拡幅工事は、わが国初めての『自動車専用道路における交通供用下での既設トンネルの拡幅』であり、施工中の安全性を確保した上で、現有の重機を効果的に組合せることにより合理的なトンネル掘削ができたと考えている。

最近、供用中のトンネルの機能低下に伴う補修・補強や更新時期を向かえたトンネルのリニューアルが増加する傾向にある。今後、既存トンネルストックの有効活用やコスト削減の要請から、既設トンネルの拡幅計画が増加すると考えられ、本事例が同様な活線拡幅の計画・設計および施工の参考になれば幸いである

最後に、本トンネルの拡幅工法検討について、委員会でご審議いただいた委員ならびに関係各位の方々に深甚の謝意を表す。

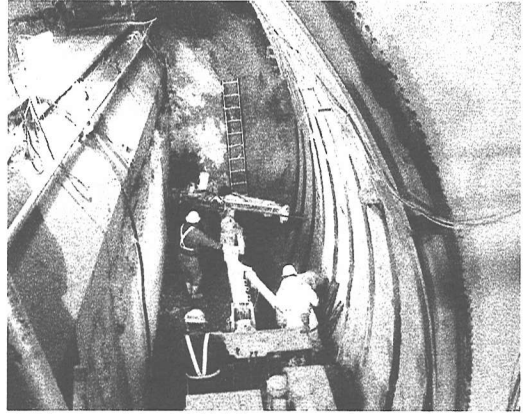


写真-4 下半（追越側）ロックボルトの打設状況

参考文献

- 1) 堂上、山崎、小西、禿：既設トンネルの活線拡幅に伴う防護工について、土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集、VI-096、2000.
- 2) 堂上、赤沢、多宝：自動車専用道におけるトンネルの活線拡幅、建設の機械化、No. 619、2001.
- 3) 禿、松井、吉田、堂上：自動車専用道路における交通供用下での既設トンネルの拡幅計画、トンネルシンポジウム in 九州、2001 講演概要集、2001.