

16. プロテクターを用いたトンネルの 活線拡幅施工

福岡北九州高速道路公社：赤沢 英明、

ハザマ：*多宝 徹、関 俊一郎

1. はじめに

近年、通行車両の大型化への対応や老朽化したトンネルのリニューアル等を目的として、トンネルの改築・拡幅工法が注目されてきている。こうした工事においては、改築・拡幅前に利用しているトンネルが重要な路線であることが多く、工事期間中も道路を供用したいというニーズが強い。

現在、北九州高速4号線の大蔵トンネル拡幅工事では、2車線の重交通を供用しながら、トンネルを2車線から3車線への拡幅する工事を行っている。トンネル掘削は、車両防護のためプロテクターを設置して行った。

本報文では、本工事において計画から施工を通じて得られた知見について、プロテクター工、トンネル掘削工に関する事項を中心に記述する。

2. 拡幅工事の特徴

本工事は、現在、一旦停止となっているトンネル直近のインターチェンジから高速本線への合流を、加速合流に変更するために、トンネル全長975mのうち坑口から170m間を2車線から3車線に拡幅し、加速車線を設けるものである。

トンネル拡幅掘削は、既設トンネル内にプロテクターを設置し、その上方および側方の空間に掘削機械を投入して行った。

トンネル内にプロテクターを設置し、活線拡幅した事例はいくつかあるが、本工事の様に都市高速という重交通下で2車線を供用しながら3車線に拡幅する工事は、日本でも初めてのものである。

本工事の特徴を以下にまとめた。

- ① 2車線を供用しながら、トンネルを3車線に拡幅する。
- ② 都市高速という重交通(日交通量約30,000台)を供用しての工事である。
- ③ 掘削断面積(既設トンネル断面含む)が約150m²の超大断面トンネルとなる。
- ④ 地質状況が劣悪である。

トンネル掘削の施工概念図を図-1に、工事の施工次第図を図-2に示す。

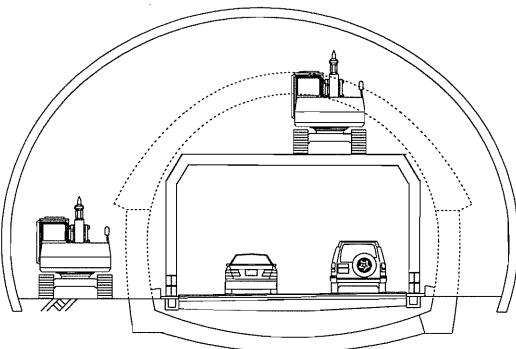


図-1 トンネル掘削概念図

①現況	現況	⑦プロテクター撤去工	プロテクターを撤去する。 撤去は、夜間全面通行止めにての作業となる。 プロテクター撤去 ：夜間作業 プロテクター解体・搬出 ：昼間作業
②プロテクター設置	プロテクターを設置する。 設置は夜間全面通行止めにての作業となる。 基礎は夜間片側規制にて、先行して構築しておく。 プロテクター組立 ：昼間作業 プロテクター搬入・設置 ：夜間作業	⑧仮舗装工	車線切替部を仮舗装する。 夜間追越車線規制にて行う。 夜間作業。
③パイプルーフ	地山状況の特に悪い区間に、パイプルーフを施工する。 昼夜作業。	⑨土留め工	インバート施工のための土留めを施工する。 夜間走行車線規制にて行う。 昼間は2車線供用する。 夜間作業。
④トンネル掘削	トンネル掘削を行う。 掘削は、プロテクターライニングから1m下がりをカットジョイントとする上半先进工法とする。 昼夜作業。	⑩インバート工(走行側)	インバート工、舗装工(走行側)を行う。 昼夜作業。
⑤インバート工(端部)	二次覆工に先行して、覆工の基礎部となるインバート端部を施工する。 昼夜作業。	⑪インバート工(追越側)	インバート工、舗装工、排水工(追越側)を行う。 昼夜作業。
⑥二次覆工	二次覆工を施工する。 昼夜作業。	⑫排水工(走行側)	排水工(走行側)を行う。 昼夜作業。

図-2 トンネル施工次第図

3. プロテクター工

(1) プロテクター内空断面の設定

過去に1車線のプロテクターを設置してトンネル拡幅を実施した例はいくつかあるが、2車線のプロテクターを設置してトンネル拡幅を実施した事例はほとんどない。そのため、プロテクターの構造、設置方法等については、様々な検討を加える必要があった。

本トンネルは、もともと監査歩廊のない自動車専用道の2車線トンネルであるため、内空断面が建築限界に対してあまり余裕がない。そこで、できる限り大きく内空断面を確保するために、構造を薄肉化するとともに、既設トンネルとプロテクターのクリアランスを50mm(肩部)と設定した。

最終的に、プロテクターの内空は、高さ3.8m以上の特殊車両を排除することで、高さを4.15m、車線幅を3.25mとするものとした。

図-3にプロテクターの断面図を示す。

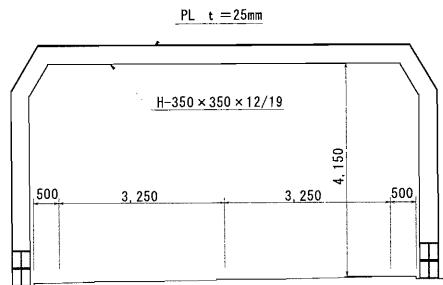


図-3 プロテクター断面図

(2) プロテクター構造

本トンネルでは、プロテクター上に本格的に大型重機を投入し、3車線の超大断面トンネルを掘削する。そのため、プロテクターは、上部に、大型の重機が載って作業可能で、掘削ずりの落下等による衝撃に耐える構造とした。

(3) プロテクター組立

プロテクターの設置には、全面通行止めが必要であり、交通量の少ない夜間の短日数、短時間で施工を行うことが求められた。そのため昼間の仮設ヤードでのプロテクターの組立も短時間で行う必要があり、工場でプレキャスト化(図-4参照)したものを見現場の組立ヤードに搬入することとした。プロテクターのブロック長は組立ヤードの広さから12mと設定した。この

12mのブロックを昼間に仮設ヤードにて組立て、夜間に坑内へ搬入・設置するサイクルとした。

(4) プロテクター搬入・設置

プロテクターの坑内への搬入・設置作業については、以下の厳しい条件での施工が求められた。

- 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50mm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。

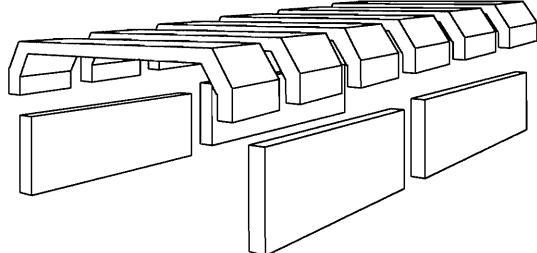


図-4 プロテクター組立図

この厳しい条件でのプロテクターの搬入・設置工を可能にするために、特殊大型台車(ユニットドーリー)を採用した。ユニットドーリーは、もともと、プラント、長大橋梁などの超重量物の輸送・据付等に用いられているもので、プロテクター設置工では初めての適用となる。

台車は、1台の大きさが約3m×10mの動力付きであり、1台当たり100t程度の重量物を運搬可能である。この台車を前後、左右につなぎ合わせることにより、最大数千tもの重量物の運搬を可能とする。荷の積み卸し(据付)は、油圧サスペンションにより、本体(プラットホーム)を上下することで、自力にて行い、走行は、通常走行以外に、360°の旋回、斜行、横走行が可能である。精度面では、走行・据付とも、前後、左右に5mm以内を確保可能である。今回は、プロテクター運搬時の荷の安定を確保するために、台車を2台左右につなぎ合わせて用いた。

プロテクターの設置は、全線205m、17ブロックを、17日の夜間通行止めで実施した。

プロテクターの搬入・設置状況を写真-1、2に示す。

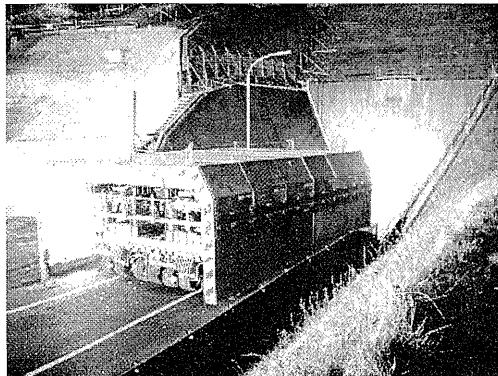


写真-1 プロテクター搬入状況(1)

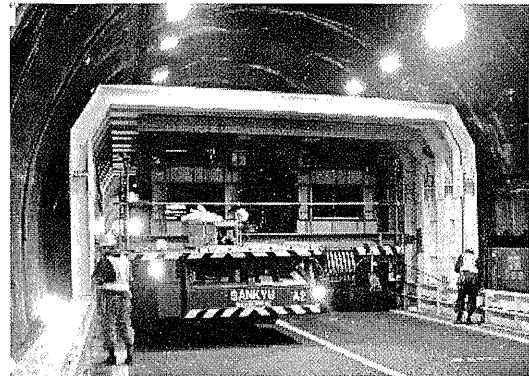


写真-2 プロテクター搬入状況(2)

5. トンネル掘削工

(1) トンネル断面の設定

一般的のトンネルの場合、トンネル断面は、建築限界等を満足する最小限の断面を設定することが多い。しかし、本トンネルの場合には、プロテクターの外に掘削作業スペースが必要であり、建築限界に対して余裕のあるトンネル断面を設定した。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。本トンネルの上半断面については、3車線の超大断面トンネルでの支保設置、補助工法、硬岩掘削の施工性を考慮して、比較的大型の汎用重機(0.45m^3 級バックホウ)が使用できる断面を設定した。一方、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、 0.2m^3 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、図-6参照)。

その結果、掘削断面は、通常の3車線断面では、

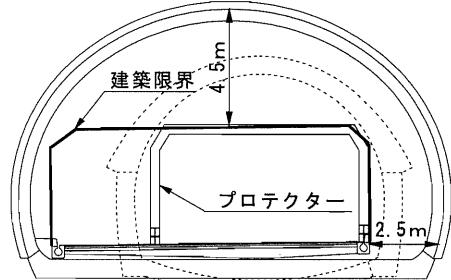


図-5 トンネル断面の設定

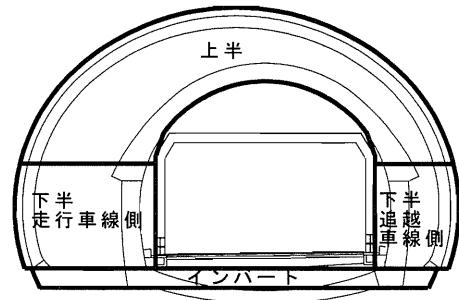


図-6 加背割り

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、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。

(2) 掘削機械の選定

トンネル掘削は、プロテクターにより防護しているものの供用線の直近での施工となるため、発破による掘削はできず、機械掘削によらざるを得なかった。

機械重機については、坑内の作業スペース、掘削によるプロテクターへの影響等を考慮し、大型ブレーカ(800kg級)とバックホウ(0.45m³級)を選定した。

また、坑口から120m付近以奥に、硬質な粗粒凝灰岩(一軸圧縮強度100~300MPa程度)が出現することが確認されていたために、油圧割岩機による割岩工法を併用する計画としたが、岩の一軸圧縮強度は大きいものの、クラッキーな岩盤であったため、割岩工法を使用するには至らなかった。

(3) トンネル掘削状況

① 上半掘削

プロテクター上と、走行側のカットジョイント上に1台ずつの大型ブレーカ(800kg級、ベースマシン0.45m³級バックホウ)を配置して掘削を行った(図-7、写真-3参照)。

ロックボルトの施工は、プロテクター上に2ブームのドリルジャンボと走行側のカットジョイント上に1ブームのドリルジャンボを配置して、2mの継ぎロッドで施工した。

本トンネルは、地質状況が悪かったため、全線170mのうち約80%でAGF等の補助工法を用いた。先受け工法においては、比較的大型の汎用ジャンボ(2ブーム135kg級)が使用出来たため、通常のトンネルに較べて施工性が大きく劣ることはなかった。また、既設トンネル断面が核残しの役割を果たしたため、切羽天端に較べ、切羽面の安定は通常のトンネルに較べ得やすかったといえる。

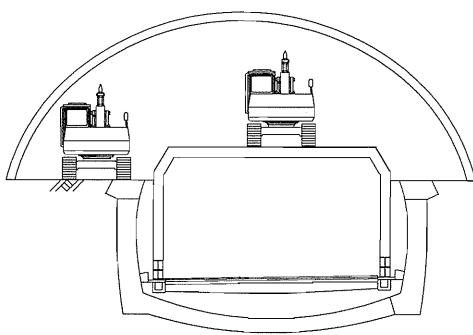


図-7 上半掘削概念図

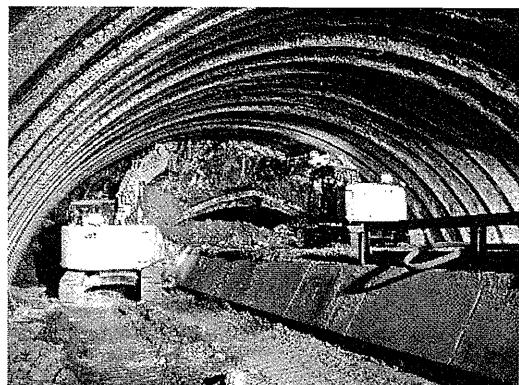
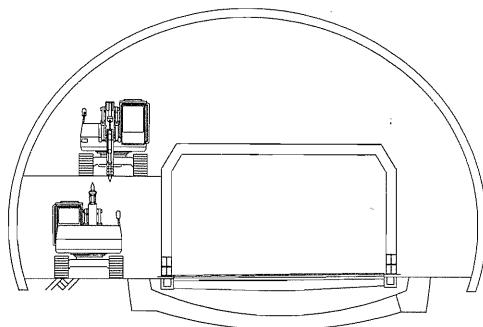


写真-3 上半掘削状況

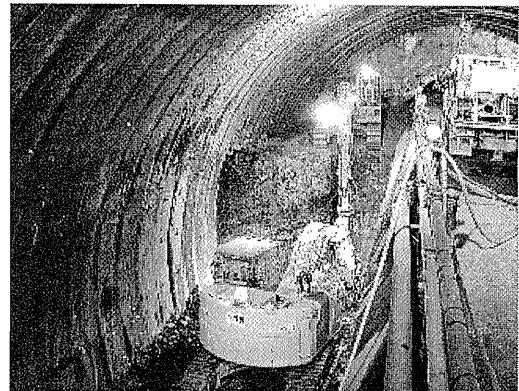
② 下半走行車線側掘削

大型ブレーカ(800kg級、ベースマシン0.45m³級バックホウ)を、下半盤と上半のカットジョイント上に1台ずつ配置して掘削を行った。バックホウが旋回できる幅が確保できており、比較的施工性は

良好であった（図－8、写真－4参照）。



図－8 下半(走行車線側)掘削概念図

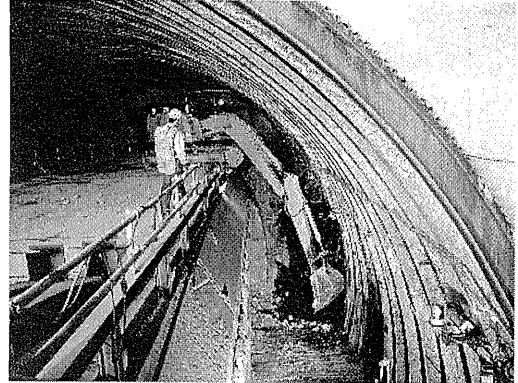
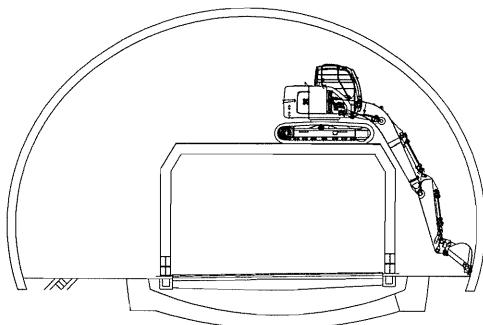


写真－4 下半(走行車線側)掘削状況

③下半追越車線側掘削

追越車線側の下半には、 0.45m^3 級のバックホウを投入できないため、プロテクター上に配置した大型ブレーカ（800kg級、ベースマシン 0.45m^3 級バックホウ）で掘削を行い、下半盤に 0.2m^3 級のバックホウを補助的に投入した（図－9、写真－5参照）。

ロックボルトは、1 mのものを6本つないで施工した。



図－9 下半(追越車線側)掘削概念図

写真－5 下半(追越車線側)掘削状況

6. おわりに

プロテクターの設置については、厳しい条件での施工であったが、品質面を初め、工費、工期面でも満足出来る結果であった。今後、低クリアランスでプロテクターを設置する場合、有力な工法となると考える。

通常の山岳工法トンネルの掘削については、穿孔、掘削、吹付け機等、それぞれの用途に応じ、標準的な機械が確立されてきている。今回の拡幅掘削においては、それを応用した形ではあるが、一つのモデルケースを提示することができたと考える。

今後、同様な活線拡幅の計画、施工の参考になれば幸いである。