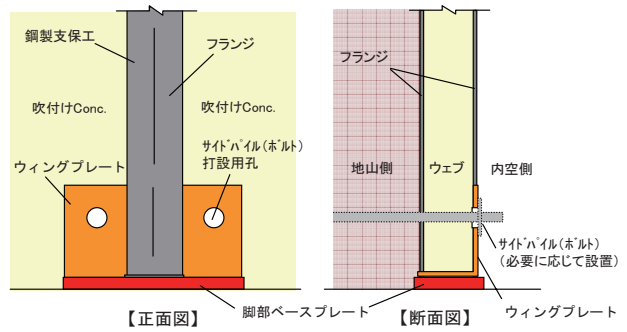


山岳トンネルの脚部補強技術『NT-Support』の開発

山下 雅之* 石山 宏二*
 Masayuki Yamashita Koji Ishiyama
 亀谷 英樹** 蔭山 武志**
 Hideki Kameya Takeshi Kageyama



図一 NT-Support の構成

1. はじめに

山岳トンネルの脚部補強工としては、鋼製支保工の支持面積を増加させて地盤に作用する荷重を分散させるウイングプレート方式などが従来技術として挙げられる。しかし、この方式ではトンネル脚部の左右の地山を拡幅する必要があるため、施工の安全性や作業性が問題となることがある。そこで今回、従来技術の作業性・安全性や運用性を改善し、汎用性が高く、かつ、経済的な脚部補強技術「NT-Support」を開発した。



写真一 ウイングプレートと脚部ベースプレート

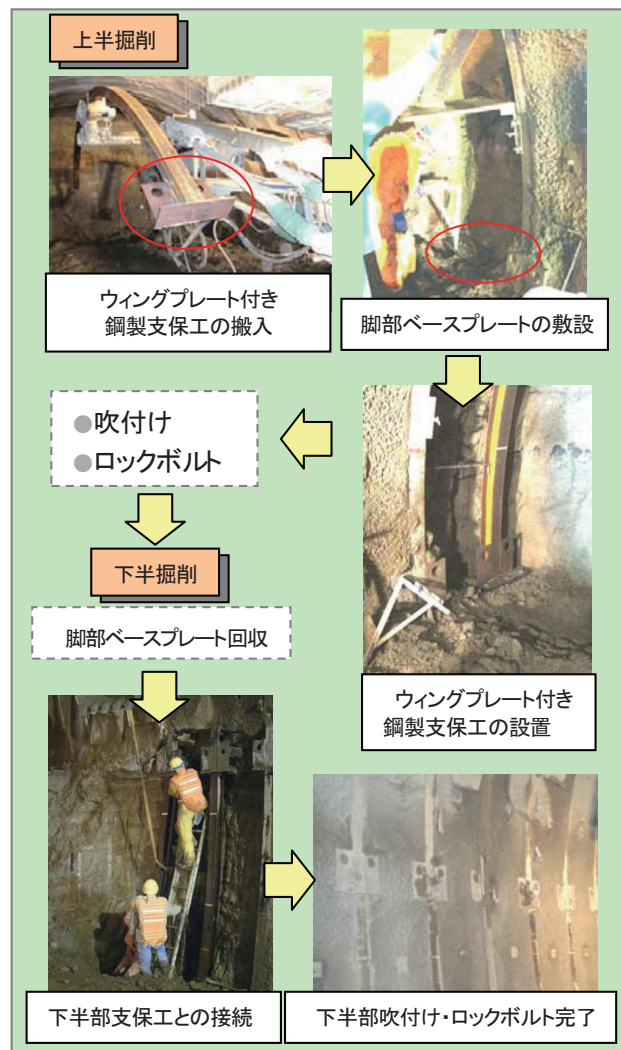
2. NT-Support の概要

「NT-Support」は、図一および写真一に示すようにトンネル軸方向に接地面積を確保するための「脚部ベースプレート」と鋼製支保工に取り付けた「ウイングプレート」で構成される。本手法は、吹付けコンクリートの強度発現前に作用する鋼製支保工への軸力を分散させてトンネル脚部の初期沈下抑制を期待するものであり、必要に応じてウイングプレートと一体化したサイドパイルを打設し、沈下・変形抑制効果を高めることも可能である。

ウイングプレートはサイドパイル使用時に鋼製支保工と一体化させる役割を持ち、軸力の分散はウイングプレート下に敷設された脚部ベースプレートが分担する。なお、ベースプレートは下半掘削時に回収することで転用が可能であることから、経済的に優れた手法となっている。また、サイドパイルとの組合せにより地山状況に応じた段階的な脚部補強も可能である。

NT-Support 設置の流れを図二に示す。基本作業は通常施工の流れと大きく変わるものではないが、本治具の使用における作業上の留意点を以下に示す。

- 脚部ベースプレート敷設の際には、地山との間に砂等を敷均して傾き・高さを調整する
- ウイングプレート背面に吹付けが入るように吹付けノズルの角度を調整する



図二 設置状況・手順

* 技術研究所土木技術グループ

** 土木設計部設計課

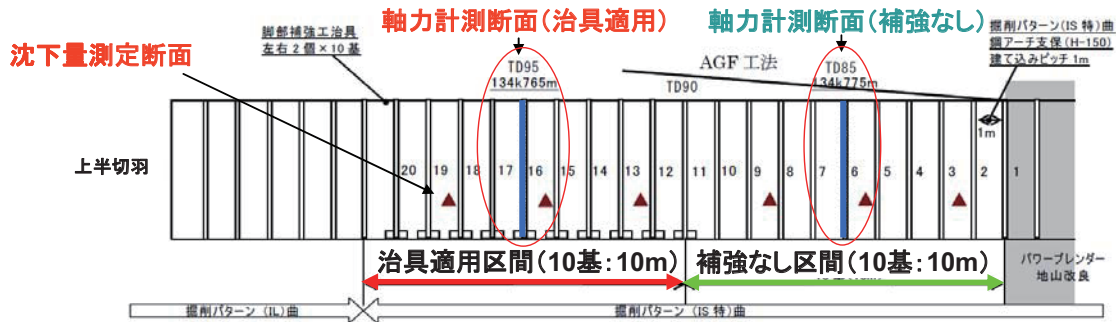


図-3 現場適用実験区間

3. 現場適用実験

低強度のシルト層が連続する鉄道トンネルにおいて、図-3に示すような配置で本治具を試験適用し、その施工性・沈下抑制効果を確認した。

(1) 施工性

上半鋼製支保工設置のサイクルタイムは、NT-Supportの「あり/なし」に関わらずほぼ同様であった。下半鋼製支保工との接続作業については、ウイングプレート背面のボルト接続作業に時間を要したため、通常作業よりも10分程多く時間を要したが、全体サイクルに大きな影響を与えるものではなかった。また、これについては作業の慣れや工夫によって時間短縮が可能と考えている。

(2) 沈下抑制効果

本脚部補強工適用区間と補強なしの区間における脚部沈下量および脚部軸力の計測結果を表-1に示す。このように、NT-Supportを適用することにより脚部沈下量を補強なしの70%程度に抑制させることができた。また、脚部の軸力については約130%に増加しているが、これは地山からの荷重を脚部補強した鋼製支保工がより有効に分担していることを示している。

4. 従来の補強技術(ウイングリブ)との比較

ここでは、吹付けコンクリートの影響(効果)も考慮した数値計算手法を用いて、同一条件における本技術と従来技術(ウイングリブ)の沈下量について比較した。また、数値計算に用いた地山弾性係数や荷重条件については、今回実施した適用実験の地山条件・計測結果に基づいて設定した。

表-2に示すように、ベースプレートのみでの沈下量に対して、サイドパイルを加えることにより沈下量が約75%に抑制されている。また、ベースプレートとサイドパイルの組合せにより、ウイングリブとほぼ同様もしくはそれ以上の脚部沈下抑制効果があることも数値計算で明らかになった。この結果は、NT-Supportを「サイドパイルあり/なし」といった分割適用することにより、地山の変化に即した補強を段階的かつ経済的に実施可能であることを示している。

表-1 現場適用実験結果

計測項目	補強の有無	計測断面	計測結果
脚部軸力 (kN)	補強なし	TD85	156.7
	NT-Support	TD95	205.6
脚部接地圧 (MPa)	補強なし	TD85	2.96
	NT-Support	TD95	1.14
脚部沈下量 (mm)	補強なし	TD85	31.1
	NT-Support	TD95	22.6

表-2 数値計算による検討結果

脚部補強工		沈下量 (mm)
①なし		35.2
②従来技術	ウイングリブ	18.1
③ NT-Support	③-1 ベースプレート	22.6
	③-2 ベースプレート+サイドパイル	16.8
(備考)		
・③-1の沈下量(22.6mm)のみ現場計測値		
・全ケースの計算に使用した鋼製支保工脚部の軸力(205.6kN)は現場計測値を使用		
・全ケースの計算に使用した地山弾性係数(25,300kN/m ²)は現場計測結果の沈下量(22.6mm)に合致するように逆算		
・サイドパイルはφ76鋼管(L=3.0+モルタル中詰め)を2本/1ヶ所使用		

5. まとめ

今回、断面拡幅を必要としない脚部補強工としてウイングプレートとベースプレートからなる脚部補強手法「NT-Support」を開発した。そして、現場適用実験や数値計算による検討から以下のような知見が得られた。

●適用性

- ・通常の支保工設置とほぼ同等の作業性を有する
- ・地山状況に応じた段階的な脚部補強が可能

●沈下抑制効果

- ・サイドパイルを使用しない場合でも、補強なしに比べて70%程度に沈下量を抑制できる

●従来技術との比較

- ・脚部ベースプレートとサイドパイルを組合せた仕様により、余掘りすることなしに従来技術(ウイングリブ)とほぼ同等のコストで同程度の沈下抑制効果が得られる

なお、本報告は戸田建設(株)との共同研究成果に数値解析の検討を加えたものである。