

山岳トンネルの新しい脚部補強工の開発

戸田建設(株) 正会員○岡村 光政 三上 英明

柳川 尚吾

西松建設(株) 正会員 石山 宏二 正会員 平野 享

正會員 山下 雅之 正會員 千々和辰訓

1. はじめに

山岳トンネルの脚部補強工としては、支保工の支持面積を増加させて地盤に作用する荷重強度を低減させるウイングリブ等が主に採用されている。しかしながら、従来技術において、施工の安全性、対策効果の即効性、施工性・経済性などが課題となっており、その改善ニーズは高いものとなっている。そこで、これら脚部補強工における従来技術の課題を克服するために、汎用性の高い補助工法技術を構築したものである。

2. 特 徴

新しい脚部補強技術は、トンネル軸方向に接地面積を増加させた脚部ベースプレートに、ウィングプレートを一体化した鋼製支保工を設置することによって、支保工への作用軸力を分散させて初期沈下を抑制し、最終沈下量の低減を可能とするものである。図1に脚部補強工の概念図を示す。

従来方式に比べて安全性（余掘りが不要）や作業性を含めた施工上の制約も少なく、地表面沈下等の最大の原因となる施工初期段階の支保工沈下を抑制することを特徴としている。

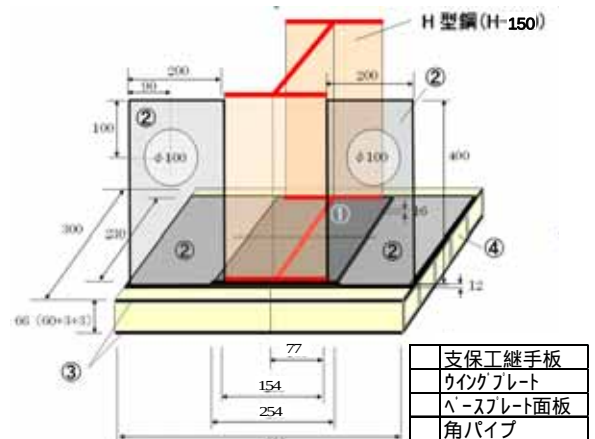


図-1 脚部補強工の概念図

3. トンネル断面の沈下抑制効果の検証

3.1 試験施工

連続したほぼ同一の地山条件下のトンネルで、通常の鋼製支保工10基（一般区間）、開発治具により脚部補強した支保工10基（脚部補強区間）を連続して建込み、各区間のトンネル断面における沈下量（A計測）および鋼製支保工に作用する軸力（B計測）を測定することで新たな脚部補強工の沈下抑制効果を検証した。また、同時に支保工建込み時の作業性（サイクル等）、安全性についての確認を行った。図2に試験施工の割付図を示す。

試験施工区間の地質は一軸圧縮強度 $q_u=1.0\text{MPa}$ 程度の砂質シルトが大半を占めており、アーチ天端部や踏まえ部で渗水があるため掘削時に小規模の剥落が続発する状況であった。土被りは、 $5\sim 8\text{m}$ 程度である。写真1に代表的な切羽状況を示す。

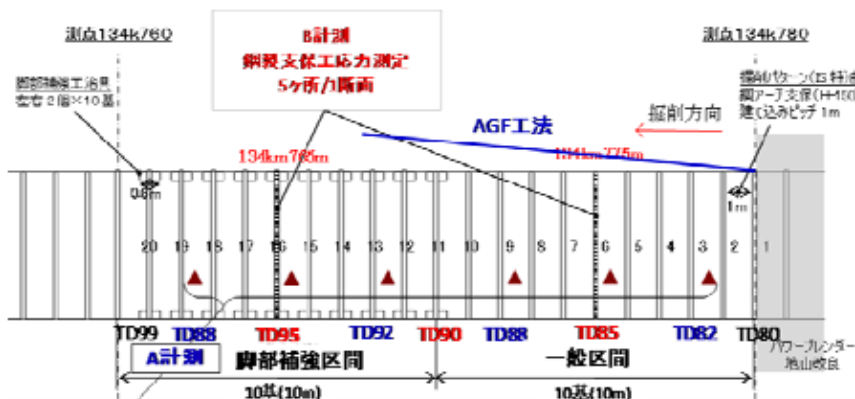


図-2 試験区間の割付図



写真-1 試験工事の切羽状況

キーワード 山岳トンネル，脚部沈下，脚部補強工

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設（株）本社土木工事技術部 TEL 03-3535-1614

3.2 施工性の検証

支保工設置作業のサイクルタイムは、上半施工段階の一般区間は10～15分、脚部補強区間では10～15分であり、下半施工の一般区間で10～15分、脚部補強区間で20～25分であった。

上半段階では、ハースプレートの設置調整を含めても、脚部補強区間は一般区間と大差はなかった。下半施工時には、支保工のつなぎのボルト部のはつり等で時間が多少増えるものの、大きな障害とはならないことが確認された。写真-2に脚部補強支保工の上半設置完了状況を示す。



写真-2 脚部補強支保工の設置状況

3.3 沈下抑制効果の検証

地表面沈下、坑内変位および支保工作用軸力の切羽離隔距離に応じた測定結果を図3～図6に示す。一般区間では注入式長尺鋼管補強工により天端部が防護されており、脚部補強区間よりその安定性は良好であったが、最終沈下量は一般区間の方が大きくなり、支保工の作用軸力は脚部補強区間の方が大きくなる傾向が認められる。

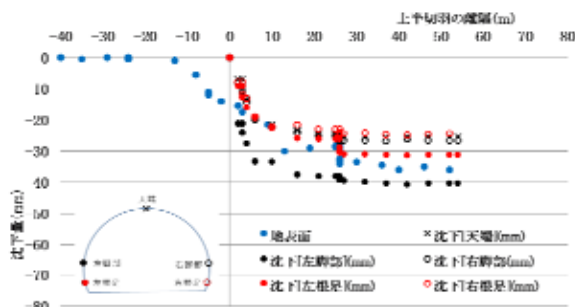


図-3 一般区間の地表面・坑内沈下

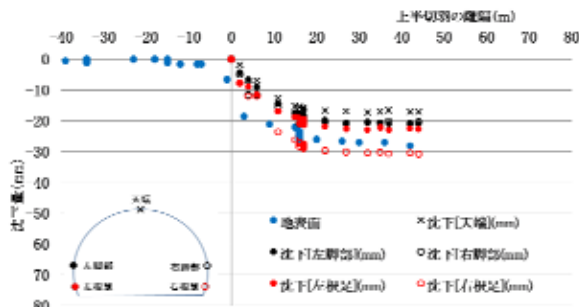


図-9 脚部補強区間の地表面・坑内沈下

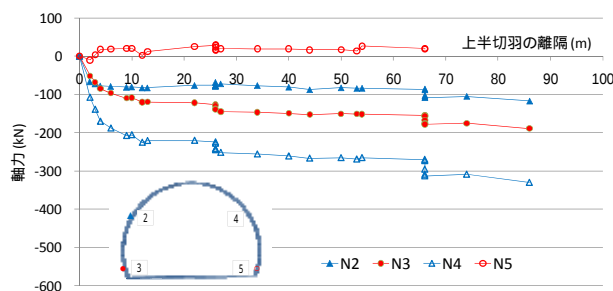


図-5 一般区間の鋼製支保工軸力

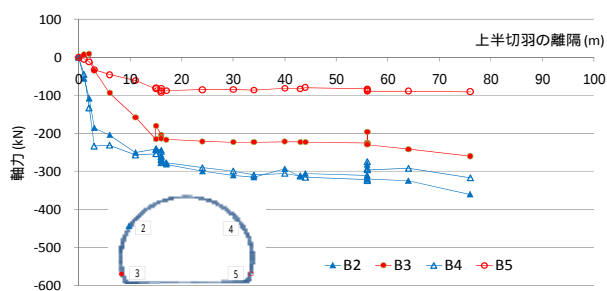


図-6 脚部補強区間の鋼製支保工軸力

ここで、掘削初期段階の1m進行あたりの坑内沈下量と支保工脚部の発生軸力について整理すると、図7、図8のようになる。初期沈下データは一般区間が大きく、逆に補強区間では支保工の初期発生軸力が大きくなることから、強度発現に時間経過が必要な吹付けコンクリートに比べて支保機能に即効性があり、補強材による接地面積の増大が設置圧を低減することが、脚部補強工の初期軸力の増加と沈下量の抑止につながったものと想定される。

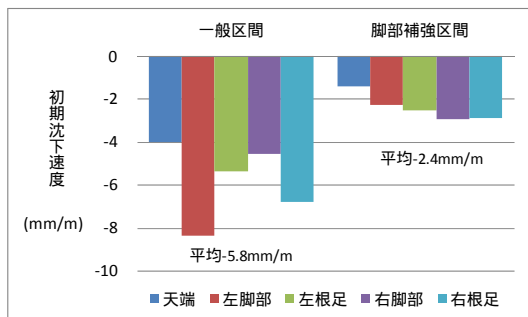


図-7 坑内初期沈下速度

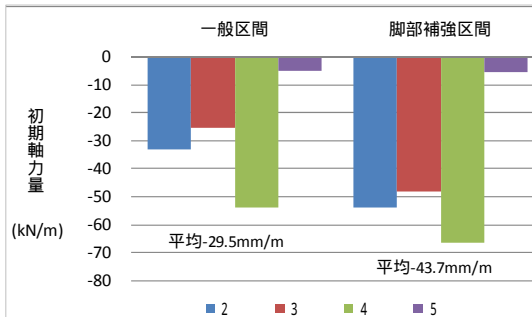


図-8 鋼製支保工の初期軸力量

4. まとめ

今回は、限られた条件での試行であったが、新しい脚部補強工の支保機能の即効性によって初期沈下量が抑制され、最終沈下量も小さくなる可能性が得られた。脚部補強工の初期沈下抑制効果の向上は、支保工の初期軸力が一般区間より大きくなることと対応しているものと考えられる、

今後、現場適用を増やしてデータを蓄積し、解析的な検証を進めてその設計法を確立するものである。