

第VI部門

2026年9月3日(木) 8:50 ~ 10:10 | 3号館2階25 (北海学園大学)

山岳トンネル(3)

座長：寺戸 秀和 (施工技術総合研究所)

9:30 ~ 9:40

[VI-536] 高張力鋼管によるワンタッチ接続式AGF鋼管の現場適用性確認

*坂根 一聡¹、石原 弘樹² (1. フジモリ産業株式会社、2. 大成建設株式会社)

キーワード：山岳トンネル、NATM、補助工法、省力化、鋼管

山岳トンネルのAGF鋼管は従来ねじ接合で、断面欠損による強度低下、50kg級鋼管の手回し作業による災害リスク、芯合わせ・ねじ込み等の時間増、自動化の難しさが課題である。そのため、高張力鋼のスプリングバックを利用した押し込み式「ワンプレス」接合を開発。室内試験で引張・曲げ強度がねじ接合より30%以上向上したが、1段爪では削孔時の振動衝撃で破断が発生。接触断面積を2段形状で増やし、課題となる押し込み力を26kN→5kNに低減、曲げ強度も15.5→25.1kN・mに向上。朝日温海道路2号トンネル（CL級凝灰角礫岩）で現場適用性を実証し、接続時間を平均140秒から70秒へ短縮。安全性向上も期待できる。

高張力鋼管によるワンタッチ接続式 AGF 鋼管の現場適用性確認

フジモリ産業(株) 正会員 ○坂根 一聡
大成建設(株) 正会員 石原 弘樹

1. はじめに

山岳トンネル工事において、掘削時の安定性を確保するために長尺先受工法（以下、AGF 工法）が実施され、一般的に 3～4m 程度の鋼管をねじにより接合する。ねじ接合は長年、一般的に使われているが、多くの課題点を抱えている。1 つ目は、強度低下である。ねじきり加工を施すため、鋼管の肉厚が薄くなり、断面欠損が生じる。2 つ目は、労働災害リスクである。1 本 50kg にもなる重い鋼管を、ドリルジャンボのマンケージ上で作業員が人力で回して接合するため、指を挟む事故などの危険性が高い。3 つ目は、作業効率の低下である。「重い鋼管同士の芯合わせ」、「回転ねじ込み作業」、「緩み防止のためにねじ山を叩き潰す作業」に時間を要する。4 つ目は、自動化の困難さである。ねじ接合で自動化する場合、「ねじ部に付着した削孔ズリの排除」、「3m の鋼管を回転させるための動力機構」が必要となり、技術的な難易度が極めて高い。さらに、芯合わせの作業の機械化による省略を考えた場合、ガイドセルを動かさずに鋼管をセットするためには、1 本 50kg になる鋼管をセットするための機器をドリルジャンボ以外に用意する必要が出てくる点も、将来的な課題となりうる。これらの課題解決のため、従来の手作業を前提としたねじ接合から、機械化を前提としたワンタッチ接合への移行が求められている。本開発では、現場の要請である「より安全に・より早く・より強く」に応えるとともに、建設 DX（自動化・無人化）に適した AGF 鋼管の開発を目的とした。

2. 当初形状と課題点

接合部は、ハイテン材である STK730（引張強度 730MPa、降伏点強度 600MPa）を用い、プレス加工を行った際、元の形状に戻ろうとするスプリングバックの特性を利用した構造とした。凸側に 1 段の爪を、凹側に爪形状に合うへこみを用意し、凸側を凹側に押し込む。接続時、凸側は内側にプレスされたように一時的に縮径させられた後、凹側のへこみ部分に到達した際に、スプリングバックの特性で復元し、凸側が凹側に嵌合し接合する。ワンタッチ接合式 AGF 鋼管（図-1）の接合部は、従来のねじ接続の接合部と比較し、室内試験では、引張強度・曲げ強度ともに、30%以上向上する結果を得ることができた。室内試験の結果をもって、接合部が実際の施工が可能かどうかの試験施工を実施した（図-2）。AGF 鋼管は 3～4m 鋼管を、4 本接続して打設されるが、施工時、4 本目削孔時に 1 本目と 2 本目の鋼管間で接合部が破断した。鋼管内にカメラを挿入し、撮影した結果が図-3 となるが、鋼管の接合部が外れ、外れた部分からは、地山部分が見える状態になっている。ワンタッチ接合式鋼管は、押し込んでロックする構造（図-4）であり、接合状態での静的な引張・曲げ試験では高い強度を示したものの、動的な振動・衝撃が加わると、引張方向の接触面積の小ささや、凹側と凸側の拘束力の無さが、破断を引き起こす要因となった。



図-1. 凸側 当初形状



図-2. 現場試験施工状況



図-3. 破断状況

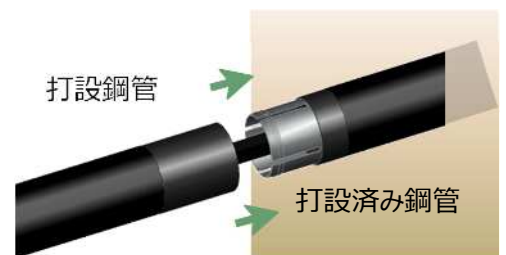


図-4. 接合方法

キーワード 山岳トンネル, NATM, 補助工法, 省力化, 鋼管

連絡先 〒541-0047 大阪市中央区淡路町 4-2-13-12F フジモリ産業(株)テクノソリューション推進課

[TEL:06-6228-3864](tel:06-6228-3864)

3. 変更形状

削孔時の耐振動・衝撃性を、凸側、凹側の鋼管の接触断面積を増やすことで向上させることを目的として、1 段から 2 段へ形状の変更を実施した。2 段形状にする際の一番の課題点は、鋼管を押し込んで接合する際に、必要な押し込み力が大きくなる点である。押し込み力が大きくなると、接合時に打設済みの鋼管が前に押される形となり、パイロットビット部分が詰まる等のトラブルが発生する可能性が高まる。

凹凸両側の接合部形状を変更することで、2 段形状の最大の問題点となる鋼管接合時の押し込み力について、 $\phi 114.3 \text{ mm}$ の形状において、最大 26kN 必要であった押し込み力を、5kN まで低減できた。2 段形状とすることで、さらに高い引張・曲げ強度を実現することができた。曲げ試験では、 $\phi 114.3 \text{ mm}$ において 1 段形状のものが 15.5 kN・m であったのに対し、今回の 2 段形状のものは 25.1 kN・m と 60% 程度、強度向上が見られた。ねじ接合部は 10.7 kN・m の曲げ強度、従来鋼管 (STK400 $t=6.0 \text{ mm}$) は 42.9 kN・m の曲げ強度であったことから、変更形状は、ねじ接合の 234%、従来鋼管の 59% の曲げ強度となった。



図-5. 凸側 変更形状



図-6. 曲げ試験後 試験体状況

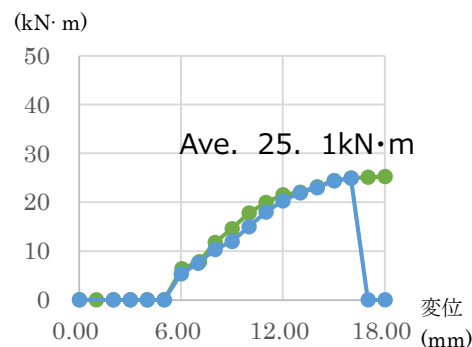


図-7. 曲げ試験結果

4. 現場での実証試験

大成建設株式会社 朝日温海道路 2 号トンネル工事にて、補助工法として最も用いられる $\phi 114.3 \text{ mm} \cdot \phi 76.3 \text{ mm}$, 4 本合計 12.5 m になる AGF 鋼管を対象に打設試験を実施した。試験実施箇所は、一般的に補助工法が行われる不安定な軟弱地山 (D 級以下) ではなく、「自立する CL 級の凝灰角礫岩」であり、削孔時の打撃エネルギーが地山に吸収されにくく、瞬間的なせん断力と衝撃を接合部に与えやすい。そのため、「鋼管削孔時における鋼管接合部の耐振動性・耐衝撃性」の検証にとって、非常に適していた。

実証試験では、 $\phi 114.3 \text{ mm}$ においては、鋼管の削孔時間が 1 時間を超え、通常施工と比較し削孔時間が長く、接合部にとって厳しい条件であったが、両口径ともに削孔を完了した。また、施工効率の面でも顕著な成果が確認できた。従来の AGF 鋼管のねじ接続は、芯合わせ、回転ねじ込みの時間で一か所あたり平均 140 秒程度要したが、ワンタッチ接合式鋼管は 70 秒で接続でき、サイクルタイムの短縮も見込めることが確認できた。接続作業は、ロッド接続後に凹側鋼管を凸側鋼管に手でセットし位置決めした後、作業員が離れた状態で、図-4 のように押し込む形で鋼管の接続を行う手順となっている。そのため、ねじ込み作業時に発生しやすい、指を挟む事故等のリスクが低減され、安全性の向上にも寄与する。



図-8. 実証試験状況

5. まとめ

今回、従来のねじ接合の AGF 鋼管よりも、接合部強度の向上、労働災害リスクの低減、接続時間の短縮、機械化・自動化に適した押し込み接続方式の実現、といった複数の利点を持つことを、室内試験および現場実証試験を通じて明らかにした。本開発品をワンタッチ接合式 AGF 鋼管「ワンプレス®」として、幅広く展開することで、トンネル補助工法の品質および安全性の向上に寄与することが期待される。