

第VI部門

2024年9月6日(金) 13:30 ~ 14:50 B201(川内北キャンパス講義棟B棟)

山岳トンネル (8)

座長：藤岡 大輔（大林組）

14:00 ~ 14:10

[VI-1039] 高張力鋼管によるワンタッチ接合式AGF鋼管の開発

*齊藤 賢吾¹、坂根 一聡¹ (1. フジモリ産業(株))

キーワード：山岳トンネル、NATM、AGF工法、補助工法、鋼管

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程度の鋼管をネジにより接合する。しかしながら、ネジ接合部は構造上の弱部となる。人力で鋼管を回して接合する必要があるため、労働災害へ直結する事故に繋がりやすい、といった懸念を内包する。また近年、施工自動化に向けて多くの開発的取組がなされ、AGF工法においても同様であるが、難易度が高い。「高耐力」、「接合時に人の手を介さない」、「自動化への展開が容易である」AGF鋼管を実現すべく、押込むだけで接合可能なワンタッチ式AGF鋼管を開発した。種々の試験を行ったので結果を報告する。

高張力鋼管によるワンタッチ接合式 AGF 鋼管の開発

フジモリ産業株式会社 正会員 ○齊藤 賢吾 坂根 一聡

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 程度の鋼管をネジにより接合する。ネジ接合部は構造上、弱部となるため、力学的に有利な構造にすることで、AGF 鋼管全体の耐力を平均化することが望ましい。また、ネジ接合式鋼管の場合、人力で鋼管を回して接合する必要があるため、接合の際に誤って指を挟む等、労働災害へ直結する事故に繋がりがやすいというリスクもあるなど、構造部材としての懸念を内包する。また近年、山岳トンネル施工自動化に向けて多くの開発的取組がなされている。AGF 工法においても同様であるが、同工法においてコアとなるネジ接合の自動化は、鋼管の芯合わせと位置決めが高い精度で必要なこと、ネジ部にズリ等が付着するなどの阻害要因があること、3m もある鋼管接合時に回転させるための動力が必要になることから、難易度が非常に高い。

以上の課題解決のために筆者らは今般、「高耐力」、「接合時に人の手を介さない」、「自動化への展開が容易である」AGF 鋼管を実現すべく、押込むだけで接合可能なワンタッチ式の AGF 鋼管を開発した。開発品を普遍的に現場へ活用できるものへ昇華することを目指し、種々の試験を行ったので結果を報告する。

2. 形状検討と各種試験結果

(1)形状検討

開発品は、接続作業の省力化と将来の自動化打設を見据え、鋼管を押込むだけで接合できるよう、鋼管の両端にワンタッチコネクタを取り付けた形状となっている(図-1)。高張力鋼材特有のスプリングバック特性を活用し、外周に突起を設けたオス部材をメス部材の軸方向に押し込んで半径方向へ変形させ嵌め合わせたのちに、メス部材内側の凹部で元の形状に戻ることで接合される。本形状を用いて、施工性に関係する押込み力、AGF 鋼管としての機械的性能となる引張強度、曲げ強度に着目し、各種試験を実施した。

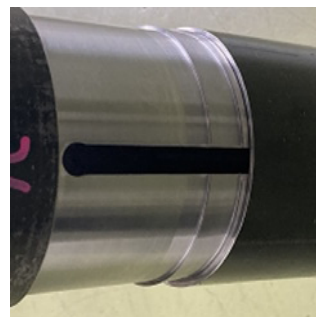


図-1 コネクタ形状

(2)押込み試験

押込む接合方法のため、鋼管接合に必要な押込み力が大きいと施工性の悪化につながる。また、押込むために鋼管に対して強い力をかけるのは危険が伴うため避けるのが望ましい。そのため、複数パターン試験体を作成し、簡易な治具での接合が可能な約 5kN を目標値とし、試験を実施した。試験体規格は、高張力鋼管(STK730 相当、外形 114.3 mm、内径 6.0 mm)を使用しており、継手部分はワンタッチコネクタ式である。以降で報告する試験は全てここで示した規格の鋼管を利用して実施している。押込み試験においては、万能試験機を用いて、オス部材をメス部材の上に乘せた状態で軸方向に荷重をかけ、はめ込み切るまでの最大荷重を計測した(図-2)。接合に必要な押込み力は、嵌め合い部の長さや肉厚、スリットの数と幅に相関が見られた。



図-2 押込み試験状況

(3)引張試験

接合部の引張性能確認を目的とし、押込み試験で目標の押込み荷重を満足した試験体を用いて引張試験を実施した。該当する試験体の両端に溶接した治具を万能試験機で掴み、引張力を作用させた(図-3)。接合部の形状により異なる破壊モードが確認され、オス部材の爪部分根元で破断(曲げ引張的破



図-3 引張試験状況

壊), オス部材の爪の引っ掛け部分が破断(せん断的破壊), メス部材の最薄肉部分が破断(純引張的破壊)の 3 つのモードが確認された(図-4)。これらの破壊形態はいずれの破壊限界に最も早く達したかで決定されると推察でき, メス部材で破壊する場合には弱部となりやすいオス部材の接合部分が円管薄肉部よりも高い引張性能を有するものと判断できる。いずれのケースも, 現状の AGF 鋼管で使用しているネジ接合(約 300kN)よりも高い強度を得る事が確認できたが, 接合部の引張性能を高めるという観点からは純引張的に破壊する形状が優位となることが示唆された(図-5)。

(4) 曲げ試験

接合部に対し, 曲げ方向に外力を作用させる単純曲げ試験を 4 点曲げ試験で実施をした(図-6)。作用点において, 鋼管が変形する可能性があるため, 鋼管内にモルタルを充填している。軸方向の変位量と接合部に作用する曲げモーメントの大きさを整理したのが図-7 となる。通常のネジ接合と比較し, 本接合方法では 145%程度の強度となり, 従来よりも曲げ強度が高い結果となった。



図-4 引張試験時の破壊形状

case	嵌め合い部	爪形状	スリット数	押込み力	引張強度	破壊モード
1	90mm	A	6	1.1kN	330kN	オス爪部破断
2	90mm	A	4	4.2kN	430kN	オス爪部破断
3	110mm	A	4	3.3kN	319kN	オス爪部一部破断
4	110mm	B	4	3.9kN	544kN	メス破断
5	90mm	B	4	5.1kN	531kN	メス破断

図-5 押込み・引張試験結果

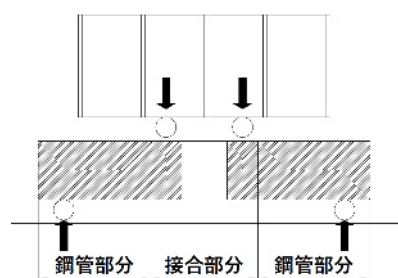


図-6 曲げ試験概要図

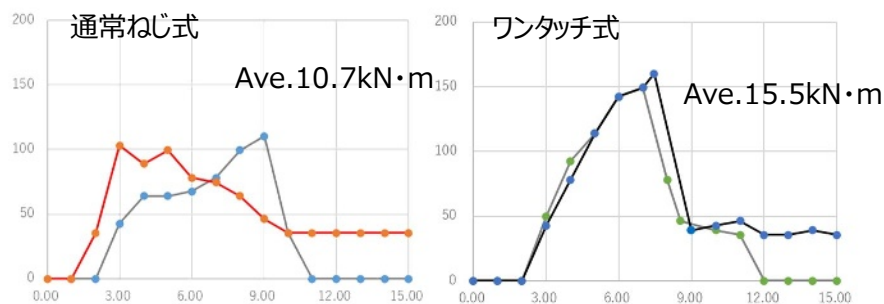


図-7 曲げ試験結果

3. 現場での実証試験

室内試験で有効性が確認できたため, 大成建設(株)朝日温海道路 2 号トンネル工事にて実際に施工を行った(図-8)。通常通り 4 本つなぎ, 12.5m 鋼管を打設した。鋼管接合には, 最大 5kN の押込み力が必要となるため, ドリルジャンボのガイドシェル前方に専用治具を取付け, ガイドシェルを動かさず, 接合する機構とした。鋼管接合については, 治具を遠隔で動作できるようにしたため, マンゲージにいる作業員はロッド接続と鋼管同士の角度合わせの誘導作業のみとなり鋼管接続箇所に触れる必要が無くなったことで, 指を挟む等の危険が無くなった。人力で鋼管を回転させる作業が無くなり, 省力化, 施工時間の短縮といった効果が見られた。

4. まとめ

ワンタッチ式 AGF 鋼管の有効性を確認することができた。強度面だけでなく, 施工性においても通常の AGF 鋼管に比べ, 優位性が見られる。施工性においては使用治具の影響が大きいため, 今後治具側の改良を行うことで, さらなる省力化, 時間短縮を図ることが出来る。鋼管打設の自動化に繋がる技術であり, 今後も改良を続けることで, AGF 工法の省力化だけでなく, 確実・安全な施工に繋げていきたい。



図-8 現場試験施工状況

キーワード 山岳トンネル, NATM, AGF 工法, 補助工法, 鋼管

連絡先 〒141-0022 東京都新宿区西新宿一丁目 23 番 7 号 フジモリ産業(株)テクノソリューション推進課
[TEL:03-5339-8531](tel:03-5339-8531)