

AGF 鋼管のスクイズ接合による構造特性

前田建設工業(株) 正会員 ○増田 豊 正会員 水谷 和彦 正会員 小笠原 裕介
堀 伸輔 茂木 順一
D S I ニッシン(株) 西島 伸哉
(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員 真下 英人 正会員 安井 成豊

1. はじめに

トンネル掘削時の安定性を確保するための長尺先受工法（以下、AGF 工法）は、国内における鋼管接続方法としてねじ接合が普及している。このねじ接合は鋼管にねじ切りを施すため、接続部の曲げ強度が低いという難点がある。これに対し、ねじを切らずに鋼管同士をスクイズ接合する工法（鋼管端部を小径にすばめたオス側を素管に挿入し、専用機械を用い、油圧で加締める接合方法）が海外にはあり、ねじ接合に比べ、曲げ強度が高いという利点がある。そこで、板厚の違いや既存工法のねじ接合との比較をするために曲げ試験を実施し、構造性能を検証した。

2. 試験体の計画

(1)試験体諸元

AGF 工法に用いる素管は、国内では外形がφ114.3mm、板厚 6.0mm が基本的な形状である。今回試験に使用した材料はすべて海外製（DSI ニッシン製）のものとし、表-1 に試験体諸元を示す。試験体は接合方法を変数とし、合計 5 種類で比較検証を行った。No.1～3 はスクイズ接合（No.1：t=6.3mm、No.2：t=5.0mm、No.3：t=4.5mm）、No.4 は無接合の素管、No.5 はねじ接合とした。試験体はばらつきを考慮し、各仕様で 3 体製作し载荷試験を行った。なお、ねじ接合はチェーンレンチを用い、人力での締付けを行い接合した。

表-1 試験体諸元

試験体	接合方法	板厚t (mm)	供試体数 (N)
No.1	スクイズ接合	6.3	3
No.2	スクイズ接合	5.0	3
No.3	スクイズ接合	4.5	3
No.4	無接合(素管)	6.3	3
No.5	ねじ接合(既存工法)	6.0	3

(2)使用材料

表-2 に鋼材の力学的性質を示す。

表-2 鋼材の力学的性質

試験体	接合方法	板厚t (mm)	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)
No.1	スクイズ接合	6.3	477	581	27
No.2	スクイズ接合	5.0	450	497	29
No.3	スクイズ接合	4.5	355	470	20
No.4	無接合(素管)	6.3	477	581	27
No.5	ねじ接合(既存工法)	6.0	372	450	33

3. 载荷試験

AGF 工法に用いる鋼管の曲げ性能は、4 点载荷試験により検証した。図-1 に曲げ試験の概要図を示す。支点間距離は、载荷点側を 400mm、下部支点側を 1,000mm とし、変位制御による 1 方向载荷とした。载荷試験は、荷重低下もしくは変位 50mm を超えた時点で除荷した。荷重は载荷装置に取り付けられたロードセルにより測定した。変位は上下各支点と中央部分の計 5 点を変位計により測定した。制御に用いる変位は载荷点側 D-2、D-4 の平均値から下部支点側 D-1、D-5 の平均値を減じた値とした。

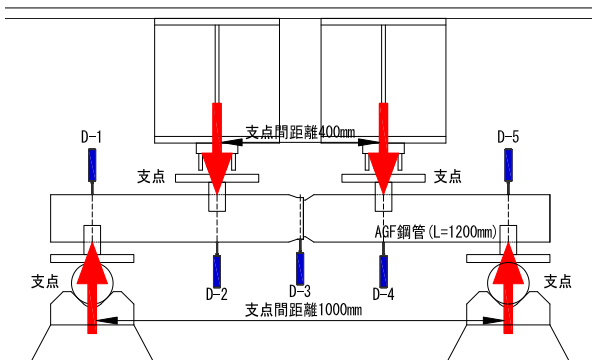


図-1 曲げ試験 概要図

キーワード トンネル補助工法，先受工法，AGF 鋼管，継手，曲げ試験，スクイズ接合

連絡先 前田建設工業(株) 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2 丁目 1 0 番 2 号 T E L 03-3265-5551
D S I ニッシン(株) 〒190-0033 東京都立川市一番町 6 丁目 2 7 番地の 3 T E L 042-560-7433

4. 試験結果

図-2に荷重-変位関係を示す。既存工法であるNo.5-3（ねじ接合）は変位 5.4mm で最大荷重 114kN に達し、急激に荷重が低下した。一方、素管部 No.4-3（無接合）の最大荷重は 310kN であり、変位 51.9mm に達しても荷重低下は見られなかった。変位 50mm 時点での No.4（無接合）と比較して、No.5（ねじ接合）の最大荷重は 35～38%程度であった。

No.1-2（スクイズ接合 $t=6.3$ ）は変位 15mm を超えると荷重は概ね一定となり、最大荷重 208kN に達した。その後も、荷重低下なく進み、変位 53mm 付近で荷重が低下した。試験体を確認すると、オス側の加締め部の端部に引張による破断が見られた（写真-1 (b)）。No.1-2（スクイズ接合 $t=6.3$ ）は従来工法である No.5-3（ねじ接合）と比較して剛性は低いものの、最大荷重は約 1.8 倍、高い靱性を示す結果となった。板厚が異なる No.2-1（スクイズ接合 $t=5.0$ ）の最大荷重は約 1.4 倍、No.3-2（スクイズ接合 $t=4.5$ ）は約 1.2 倍となった。また、No.2 および No.3 は板厚が薄いため圧縮側の局部座屈が先行し、引張による鋼管の破断は見られなかった。

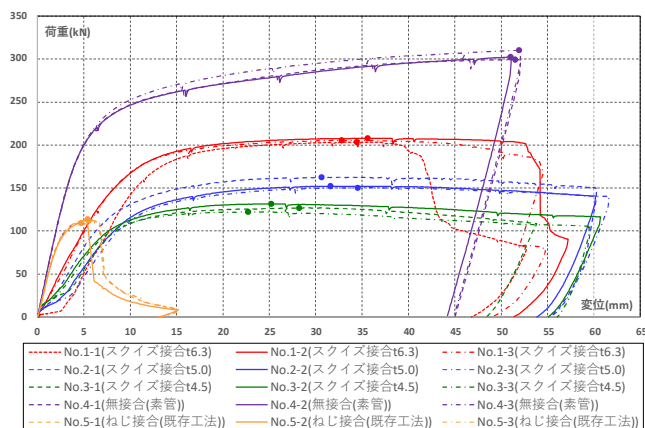


図-2 荷重-変位関係

5. 破壊状況

写真-1 に試験終了後の試験体形状を示す。No.1-2（スクイズ接合 $t=6.3$ ）の状況が(a), (b), (c), (d)で、正面、引張によるオス側の破断、圧縮側の局部座屈及び、正面に対し載荷方向に切断した断面である。No.5-3（ねじ接合）の状況が(e), (f)で、正面、引張側の状況である。ねじ接合は、ねじ山からの拔出し(ネジ山のせん断)による破壊であったのに対し、スクイズ接合は拔出しによる荷重低下は生じず、オス側の加締め端部の引張破断により破壊に至った。

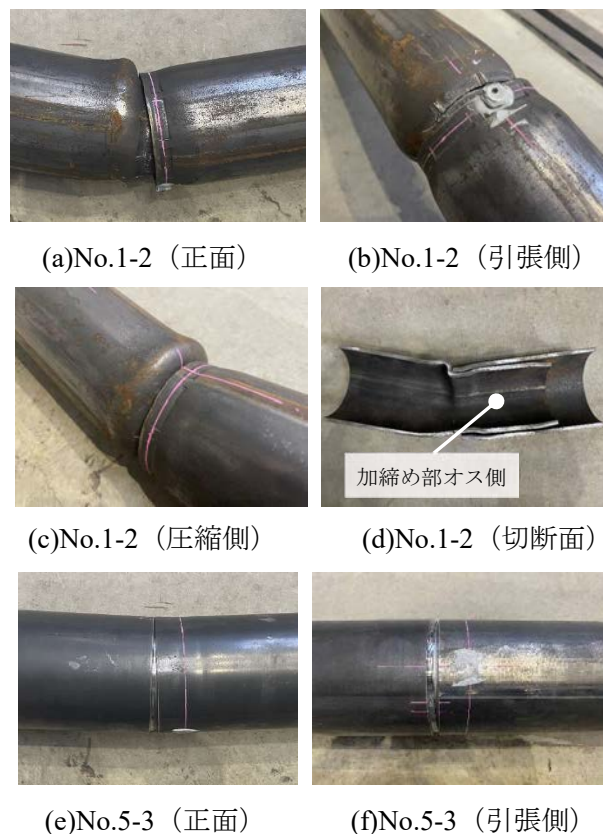


写真-1 破壊状況

6. おわりに

AGF 鋼管の曲げ試験の結果から以下の結論を得た。

- (1)No.1（スクイズ接合 $t=6.3$ ）の最大荷重は、No.4（無接合(素管)）の 67%程度であった。
- (2)No.1（スクイズ接合 $t=6.3$ ）の最大荷重は、No.5（ねじ接合(従来工法)）の約 1.8 倍で、変位 50mm 付近に達するとオス側の加締め部の端部に引張による破断が見られ荷重が低下した。また、同様に No.2（スクイズ接合 $t=5.0$ ）は約 1.4 倍、No.3（スクイズ接合 $t=4.5$ ）は約 1.2 倍の荷重であった。破壊状況は No.1 と異なり、圧縮側の座屈により荷重が低下した。
- (3)No.1～No.3（スクイズ接合）はねじ接合に比べて、高い靱性を有している結果が得られた。
- (4)No.1～No.3（スクイズ接合）は No.4（無接合）、No.5（ねじ接合）に比べ剛性が低くなった。これは、加締め部オス側の断面が小さくなっていることから、断面係数が影響したと考えられる。また、No.1-1 では初期に変形がシフトする現象が生じた。

上記より、スクイズ接合はねじ式に比べて剛性は低くなるが、高い靱性を示すことが分かった。今後は、剛性が低くなることの影響や本方式が長尺先受工法に有利になるか否かについて、さらなる検証を進めていく所存である。