

曲線ボーリング工法を利用した地下空間構築技術(形状記憶合金継手)の開発

山 九*1 正会員 ○三木 甫 三木昭男
 鉄建建設*2 フェロー 粕谷太郎 小幡常雄
 淡路産業*3 丸山忠克

1. まえがき

曲線ボーリング工法は施工実頼を重ねており、山岳トンネルの偏平な大断面施工(三車線道路トンネル)および都市での大空間の創出(地下駅、地下駐車場、共同溝等)、あるいは都市トンネル等からの拡幅等への適用が検討されている。現状では、曲線ボーリング工法の課題の一つとして、曲線パイプの接続方法がある。

この有力な解決策である形状記憶合金(SMA: **Shape Memory Alloy**)継手は有資格者でなくても、高周波加熱により短時間の締結ができること、地下空間での換気問題もなく、環境の創造に効果的であり、継手の有効性もすでに確認している。ここで使用する SMA 継手強度特性は、せん断キーの効果に大きく依存していることを、これまでの引張試験等で確認してきた。本文は、継手の安定性の向上をはかるため、せん断キーの個数を複数個に増加した継手性能確認試験について、その概要を報告する。

2. SMA 継手の引張試験 (100A)

SMA 継手は、約 300℃の加熱で約 3%の内径収縮率を引き起こすことにより、曲線パイプを機械的に接続する摩擦接合である。継手特性は、(1) SMA 継手の特性 [素材の強度特性、継手長、継手厚]、(2)パイプ定着部の特性 [パイプ外径、管厚] および(3)接合面の特性 [形状寸法(精度)、隙間、シール材、せん断キー(C型リング)、溝形状] の3項目である。継手の破壊形態はパイプ溝底の破断、パイプ溝のせん断破壊、キー破壊の3種類である。曲げ荷重を受ける継手は、継手剛性の関係から、引張側のキーが溝から外れ易い傾向があった。継手強度は、引張試験および曲げ試験の破壊形態から判断しても、せん断キーに依存している。既存の試験結果(ア)、(イ)および(ウ)はせん断キーが1個の場合であり、(1)キー溝との嵌合空間の隙間のため、初期変位があること、(2)C型リングのカット部を起点とする、せん断破壊およびキー破壊を生じる等の現象が見られた。

(ア) 100A パイプの引張試験で継手仕様を比較検討

(イ) 100A パイプの曲げ試験で継手仕様を事前確認

(ウ) 250A パイプの曲げ試験で継手仕様の性能確認

(エ) 100A パイプの複数キーで継手特性の性能評価

今回の試験(エ)は、100A パイプに装着する複数個(2個、3個)のせん断キーを設置した試験体(n=3)について引張試験による性能確認試験を行った。試験体仕様は試験(ア)に準拠し、規格 STPG370 のパイプφ114.3×t6.0(把持部、t8.6 継手部切削 t6.0)に、キー2個および3個を装着した各試験体の引張試験を行った。写真1は、装着前のキー3個、SMA および 100A パイプである。キーは、あらかじめパイプに取付けておき、SMA に挿入したのちに加熱締結を行う。

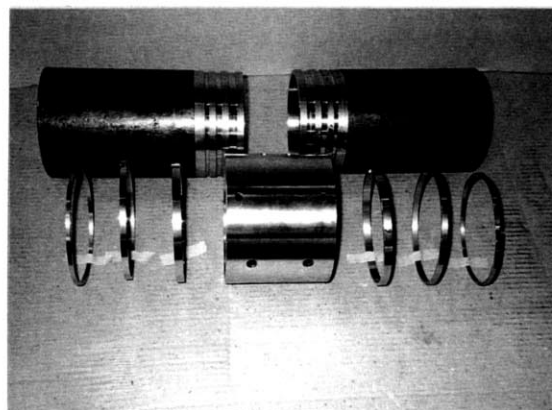


写真1 せん断キー3個の試験体

キーワード：地下空間、曲線ボーリング工法、無溶接パイプ継手、形状記憶合金継手、せん断キー

連絡先 *1 〒104-0054 東京都中央区勝どき 6-5-23

TEL(03)3536-3946 FAX(03)3536-3873

*2 〒101-8366 東京都千代田区三崎町 2-5-3

TEL(03)3221-2293 FAX(03)3239-1685

*3 〒101-0052 東京都千代田区神田小川町 2-3-13

TEL(03)3295-1731 FAX(03)3295-1673

3. SMA 継手の引張試験(100A)

試験体は、SMA 継手で締結した 100A パイプ (全長 400mm) の両端部に定着した把持鋼棒を、2000kN 万能試験器に固定して引張試験を行う。荷重は単調荷重とし、荷重制御で 10kN ピッチ毎にデータ収録しながら加力し、継手の抜け出し開始付近から変位制御に切り換え、抜け出し荷重および最大荷重を確認する。変位は SMA 継手を挟んだ標点間距離 250mm のパイプの伸びおよび継手の抜け出し量の合計であり、標点間距離の 10%変立までを表示している。図 1 に示す荷重・変位曲線は、既存結果の継手なし試験体 Q-1 およびキー 1 個の試験体 E-4、今回結果のキー 2 個の試験体 1-48 およびキー 3 個の試験体 73 のものであり、せん断キーの有無およびキー個数の効果を相対的に比較するために併記した。最大荷重は、キー個数が多いほど大きく、曲線も降伏点を形成し、最大荷重にいたるまでの形状もよく、変位が大きい。変位 5mm における最大荷重は、大きい順番から 580kN、550kN、520kN および 430kN であり、複数個のキーでは Q-1 の降伏点荷重と、ほぼ同程度を実現している。また、キー 3 個は初期変位を生じていないが、キー 2 個は、キー 1 個とほぼ同様の傾向が見える。

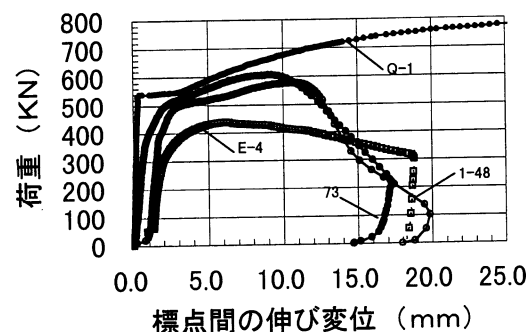


図 1 荷重－変位曲線 (全体図)

図 2 は、図 1 の初期変位部を拡大したものであり、キー 3 個は、初期変位もなく、ほぼ弾性変形である。一方、キーが 2 個および 1 個では 1.0 から 1.3mm の初期変位を生じているが、曲線形状はまったく別物である。キー 2 個は、キー溝幅の加工寸法をやや大きくしたことが主原因であり、加工精度の向上により、初期変位を防止できる。

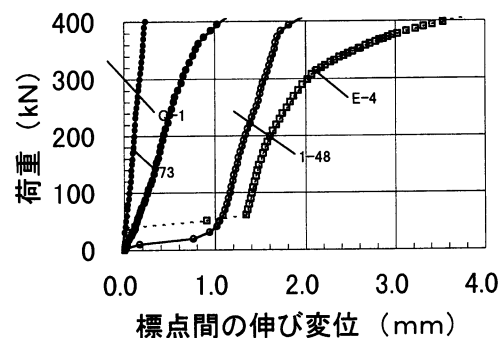


図 2 荷重－変位曲線 (部分図)

緒論として、複数個のせん断キーを有する継手は、(1)初期変位を限りなく縮小できること、(2)最大荷重が増大すること、(3)降伏点を形成し、最大荷重を生じる変位が大きいこと等が明らかになった。

4. おわりに

曲線ボーリング工法は道路・鉄道の地下空間の構築に施工実績を重ねている。本工法は曲線パイプの現場接続方法における施工能率の向上が課題である。SMA 継手は、せん断キーを複数に増すことにより、継手強度および安定性の向上に効果的であることを確認した。今後は、本継手の現場への適用性の検討ならびに加工精度等の品質向上に取り組んでいきたい。

参考文献

- [1] 粕谷、小幡、三木、丸山：地下空間構築に用いる曲線パイプ接合技術の開発：土木学会地下空間シンポジウム論文・報告集, 2001 年 1 月, pp. 275-280
- [2] 粕谷、小幡、三木、丸山：曲線ボーリング工法を利用した地下空間構築技術の開発：土木学会年次学術講演大会共通セッション, 2000 年 9 月, pp. 212-213
- [3] 粕谷、小幡：曲線ボーリング技術を用いた新しい地下空間創出技術の開発：土木学会地下空間シンポジウム論文・報告集, 2000 年 1 月, pp. 35-44
- [4] 粕谷、小幡、三木、丸山：地下空間構築に用いる曲線パイプ接合技術の開発：土木学会地下空間シンポジウム論文・報告集, 2000 年 1 月, pp. 163-168
- [5] 亀岡、粕谷：曲線ボーリング工法 (TULIP 工法) の開発：土木学会誌, 1995 年 4 月, pp. 36-39