

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

曲線ボーリング装置はすでに開発されて施工実績もあり、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張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、①作業（加熱締結）が短時間であること、②作業環境がクリーンであること、③一般工で作業ができること、④管内面が滑らかであること、および⑤継手の強度が期待できること等の特性についての現場への適用性をすでに報告している。本稿は、SMA継手の引張強度はこれまでの試験結果から継手形状の特性による強度への影響がきわめて大きいことから、継手形状による強度向上への効果についての概要を報告する。

2. SMA継手の試験計画

SMA継手は300℃の加熱で約3%の内径収縮を引き起こす能力があり、この内径収縮力によってパイプを機械的に締結する方法である。SMA継手の構成要素は、①SMA継手の特性：継手長さ、厚み、②鋼管定着部の特性：鋼管定着部の外径、管厚、および、③SMA継手と鋼管定着部との特性：形状寸法、隙間、シール材等である。SMA継手の引張強度は、第4次試験までの結果から継手形状の効果に依存する傾向が概略判明していることから継手形状による強度向上の効果をこれまでの結果とも併せて確認することとした。

第1次試験（引張試験）：8インチパイプ、継手長さ、隙間の比較

第2次試験（引張試験）：8インチパイプ、継手厚さ、継手形状、シール材の比較

第3次試験（耐圧試験）：8インチパイプ、継手の耐圧性能、シール材の比較

第4次試験（引張試験）：4インチパイプ、継手長さ、継手厚さ、継手形状の比較

第5次試験（引張試験）：2インチパイプ、継手形状の比較

第6次試験（引張試験）：4インチパイプ、継手形状の比較

第7次試験（引張試験）：10、12インチパイプ、継手形状の比較

継手形状は表-1のものを使用し、その概略形状を図-1に示す。

表-1 SMA継手と鋼管定着部との継手形状

記号	締結条件	継 手 形 状	
		SMA継手	鋼管定着部
N	普 通	平行	平行
S	シール材	平行／シール材	平行
GS	シール材	平行／シール材	逆テーパ
B	ボルト締め	平行／皿ボルト	平行
W	点溶接	平行／点溶接	平行
T	突起付き	平行／凹み	平行／突起付き
C	Cリング	平行／凹み	平行／凹み

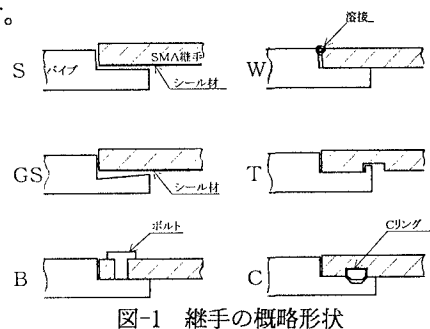


図-1 継手の概略形状

キーワード：地下空間、曲線ボーリング工法、形状記憶合金継手

連絡先：*1 〒104-0054 東京都中央区勝どき6-5-23 TEL(03)3536-3945, FAX(03)3536-3873

*2 〒101-0061 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継手の試験結果

SMA継手の引張強度は、継手長さおよび継手厚さとほぼ比例すること、ならびに引張強度を増大させる要因としてシール材および継手形状の効果があることもすでに判明している。SMA継手は基本的に摩擦接合を応用した機械式継手であり、①摩擦係数を大きくするためのシール材、せん断ボルト、②せん断力に期待する突起、シアキー、③冶金的な溶接等の各方法を併用できる。

継手形状による強度向上の効果の評価方法として、継手形状が表-1に示すNの引張強度を基準としてその他継手形状の引張強度との倍率を相対的に比較した結果を図-2に示す。シール材および点溶接の強度向上は約2倍以下であるのに対して機械的な突起およびシアキー付きは約2倍以上の効果がある。ボルト締めはボルト先端に摩擦力が集中するものの基準強度に達しなかった。写真-1は引張強度がきわめて大きかったシアキーであるCリングとSMA継手であり、シアキー高さの大きいものが強度向上に効果的である。

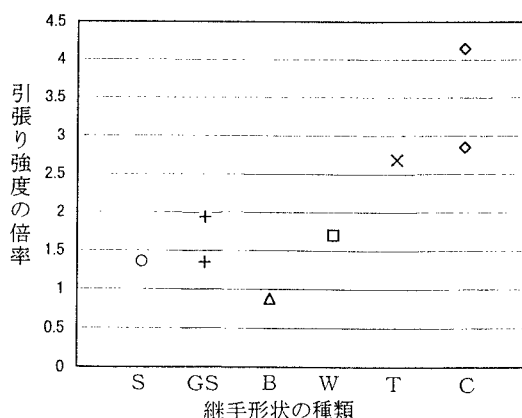
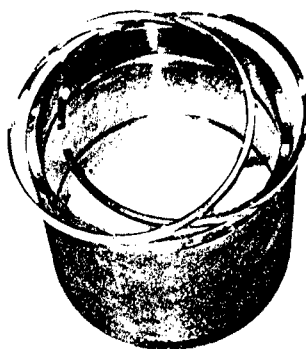


図-2 継手形状と引張強度との相対的比較



写-1 CリングとSMA継手

4. SMA継手の考察

SMA継手の引張強度は、継手長さおよび継手厚さを一定としたとき、シール材による摩擦力より機械的なシアキー付きの継手形状がより効果的である。Cリング付きのSMA継手は装着したリングの突出高さとのパイプの凹みとの組合せの大きいほど引張強度が大きくなる。今後は、より合理的なCリングの設計と経済的なSMA継手の長さおよび厚さとの関係を見極めていきたい。

5. おわりに

本工法は大断面トンネル工法として大断面地下空間の構築を可能にする効果的な基礎技術であり、実プロジェクト対応に向けた技術開発をさらに進めたいと考えている。本試験の計画および実施にあたりご協力をいただいた高周波熱錬(株)およびヨシモトポール(株)に対して謝意を表す。

6. 参考文献

- (1)三木甫, 粕谷太郎, 丸山忠克 : 曲線ボリグ 工法を利用した地下空間構築技術の開発(その2) : 土木学会年次学術講演大会共通セッション, 1996年9月, pp. 70-715
- (2)丸山忠克, 大塚広明 : ここまで来た鉄系形状記憶合金 : 金属, vol. 66(1996)No. 12, pp. 1079-1088
- (3)形状記憶鋼継手 : シェワロン研究会、エドボーン報告書(鉄建グループ) : 1995年11月28日, pp. 67-88
- (4)粕谷太郎, 三木甫, 三木昭男 : 曲線ボリグ 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, 1996年9月, pp. 214-215
- (5)粕谷太郎, 安藤博雄 : 曲線ボリグ を利用した地盤改良工法の開発 : 土木技術49巻8号, pp. 95-101