

CS-35

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（その2）

山 九 正会員 ○三木 甫 三木 昭男
 鉄建建設 フェロー 柏谷 太郎 小幡 常雄
 淡路産業 丸山 忠克

1. まえがき

近年、高速道路の大断面化が提案され、東名・名神高速道路の改築においても、従来の二車線断面（80㎡）から暫定三車線（120㎡）とされ、現在建設が開始された第二東名高速道路では掘削断面が190㎡と大断面化している。このような超大断面トンネルにおいては、従来の施工技術では対応が難しくなる恐れがある。

そこで筆者等は崖錐、軟岩および中硬岩地山を対象に、頂設に設置されたTBM導坑から曲りボーリングにより肋骨状鋼管支保工を設置し、周辺地山を注入により地山改良を行うことにより、上半アーチ部に屋根部を造成し、安全、急速かつ安価に掘削を行う方法について研究開発を進めている。

本稿は、ここで使用する曲線パイプの接続方法である形状記憶合金（SMA：Shape Memory Alloy）継手の開発について報告する。

2. SMA継手の試験計画

(1)曲線ボーリング工法の接続方法

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、大規模な山岳トンネルおよび都市トンネル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。この有力な解決策として、下記の特性を持つSMA継手の適用性について研究することとした。

- ①作業（加熱締結）が短時間であること
- ②管内面が滑らかであること
- ③継手の強度が期待できること
- ④作業環境がクリーンであること
- ⑤一般工で作業ができること

表-1 SMAの化学成分（例）

C	Si	Mn	Cr	Fe
0.031	6.32	28.0	4.98	60.669

(2)試験概要

試験に使用したSMAの化学成分は表-1のような鉄を基本とした経済的な材料である。SMA継手の製作工程は図-1に示すように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締結した。SMA継手の特性は継手内径とパイプ外径との隙間、パイプ径、継手長さ、継手厚さ、継手形状、シール材等の各種条件を設定するとともに下記のような段階的な試験により継手強度を評価することとした。

- 第1次試験（引張試験）：継手長さ、隙間の比較
- 第2次試験（引張試験）：継手厚さ、継手形状の比較
- 第3次試験（耐圧試験）：継手の耐圧性能
- 第4次試験（引張試験）：継手長さ、継手厚さ、継手形状の比較

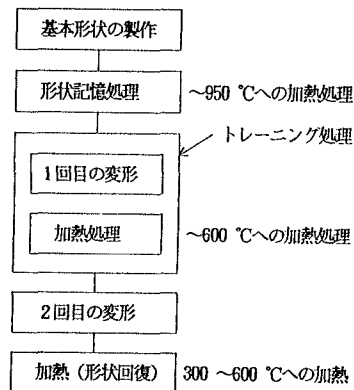


図-1 SMA継手の製作標準工程

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：東京都港区芝3丁目14-2，TEL(03)5445-3915，FAX(03)3769-0315

3. SMA継手の試験結果

試験結果を表-2に示す。引張強度は隙間による影響をうけないが、継手長さおよび継手厚さとほぼ比例しており、付着強度を増大させる要因のシール材および継手形状の検討が重要である。耐圧試験は引張強度を増大させるシール材より逆の方が耐圧性能に優れていた。付着強度はパイプと継手との密着性が強度向上に貢献するものの継手に突起加工したものは極めて大きい付着強度が得られることが明らかになった。

表-2 SMA継手の試験結果 【参考】引張強度(単位:tf), 付着強度(単位: kgf/cm²)

継手厚さ mm	隙間 mm	シール材	継手形状	Φ219.1 × 23.1 mm				Φ114.3 × 6.0					
				引張試験				耐圧試験		引張試験			
				L = 100 mm		L = 150 mm		L = 200 mm		L = 150 mm		L = 80 mm	
tf	kgf/cm ²	tf	kgf/cm ²	tf	kgf/cm ²	kgf/cm ²	tf	kgf/cm ²	tf	kgf/cm ²			
10	1	-	平行	10.3 (32.4)	17.2 (36.4)	33.0 (52.4)	-	-	-	-	-	-	
			平行	7.0 (22.0)	25.5 (52.7)	27.0 (43.0)	-	-	-	-	-	-	
	2	A	平行	-	30.1 (63.4)	-	-	30kgf/cm ² まで	-	-	-	-	
			テパ	-	20.6 (43.2)	-	-	30kgf/cm ² まで	-	-	-	-	
B	B	平行	-	37.7 (79.5)	-	-	シール効果なし	-	-	-	-		
		テパ	-	43.2 (91.4)	-	-	シール効果なし	-	-	-	-		
7	2	-	平行	-	13.4 (28.3)	-	-	-	-	-	-		
5	0.3	-	平行	-	-	-	-	-	8.2 (57.2)	13.3 (62.2)	-	-	
			C	-	-	-	-	-	-	10.2 (47.5)	-	-	
			溝外突起	-	-	-	-	-	-	-	20.9 (97.8)	-	-
3	0.3	-	平行	-	-	-	-	4.6 (32.0)	9.0 (43.0)	-	-		

4. SMA継手の考察

今回のSMA継手試験の結果においては、加熱締結を3~5分で実施できることが実証され、従来工法に比較して大幅な時間短縮が可能となり、かつSMA継手強度も十分な値であったので曲線パイプ継手方法として使用できる目処がついた。しかし、今回行った試験はケース数も少なく、SMA継手の確性を明確化するには不十分であった。今後は、現場での実作業をも考慮しつつ試験方法、必要なデータ数の検討を行い、その特性をより明確化し、品質管理や原価管理等にも適応できるように試験を継続して実施したい。

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 Netzlen および ヨシモトポール 様に対して謝意を表す。

6. 参考文献

- (1)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
- (2)形状記憶鋼継手: ヴェロワテ 研究会, ヘルボン報告書(鉄建グループ): 1995年11月28日, pp. 67-88
- (3)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
- (4)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
- (5)曲線ボリグ 装置(TULIP工法): 建設機械化技術・技術審査証明報告書, (株)日本建設機械化協会, 116. 8
- (6)亀岡美友, 粕谷太郎: 曲線ボリグ 工法(TULIP工法)の開発: 土木学会誌, 1995年4月, pp. 36-39