

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

鉄建建設*1 フェロー ○粕谷太郎 小幡常雄
山 九*2 正会員 三木 甫 三木昭男
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。本稿は 100A パイプの継手特性を引張試験および曲げ試験で比較検討したうえで、250A パイプの継手曲げ試験により継手の性能確認を実施したので、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。継手特性は引張試験の結果から、①SMA 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（非円形 C 型リング）、溝形状〕の 3 項目により構成される。

引張試験におけ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、キー切断の 3 種類である。曲げ荷重を受ける SMA 継手は変位が大きくなると引張側のパイプとの隙間が生じるのでキーが SMA 溝またはパイプ溝から外れないことが重要である。曲げ試験は引張試験と異なりキーが外れない継手仕様を設定する必要からつぎの 3 段階で確認試験を実施した。

- [1] 100A パイプの引張試験で継手仕様を比較検討
- [2] 100A パイプの曲げ試験で継手仕様を事前確認
- [3] 250A パイプの曲げ試験で継手仕様の性能確認

曲げ試験用の継手仕様は実績を活用した各種試験体の引張試験により決定する。試験体は、SMA〔長 100mm、厚（5.2mm、7.28mm）〕、キー〔装着部位（SMA、パイプ）、幅×厚、溝深（SMA、パイプ）、溝掛かり〕、隙間、パイプΦ114.3×t8.6（切削 t6.0）の各種組合せ 52 体（13 ケース×4 体）である。図 1 はΦ114.3×t8.6（STPG370）、キー幅 8.0mm×厚 3.5mm の引張試験の荷重－全変位曲線である。本図の継手破壊は 4 体ともパイプ溝のせん断破壊である。曲線は形状、最大荷重も類似しており、継手の製品精度も良好である。

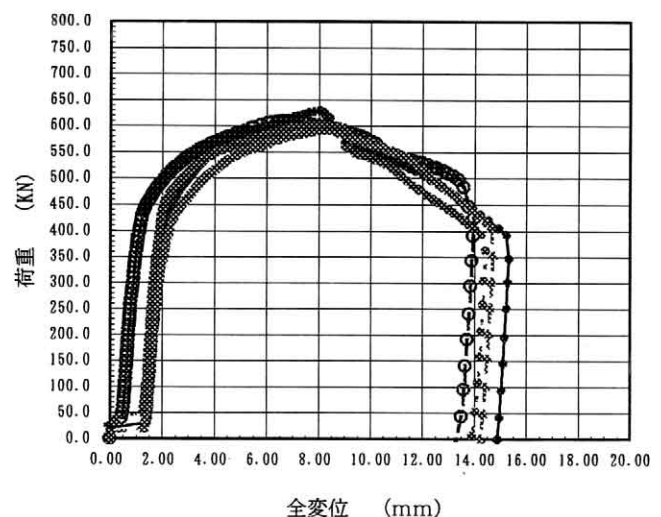


図 1 100A 引張試験の荷重－全変位曲線

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、曲げ試験

連絡先 *1 〒101-0061 東京都千代田区三崎町 2-5-3 TEL (03) 3221-2293 FAX (03) 3239-1685
*2 〒104-0054 東京都中央区勝どき 6-5-23 TEL (03) 3536-3946 FAX (03) 3536-3873
*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 継手の曲げ試験(100A、250A)

曲線ボーリング工法は、都市土木工法および山岳トンネル工法への適用例として凍結工法、地盤改良工法等の仮設構造として従来から用いられている。SMA 継手の接合管を本設構造の支保工として使用する場合は、SMA 継手付きパイプの曲げ試験による継手特性を把握する必要があるため、性能確認試験を実施した。曲げ試験は100A および 250A パイプとも、図2に示すような支間2000mm、載荷幅700mmの直管曲げ試験の計画である。試験体は表1に示す継手特性と継手なしパイプとの比較により荷重、変位、継手部ひずみ等を測定した。

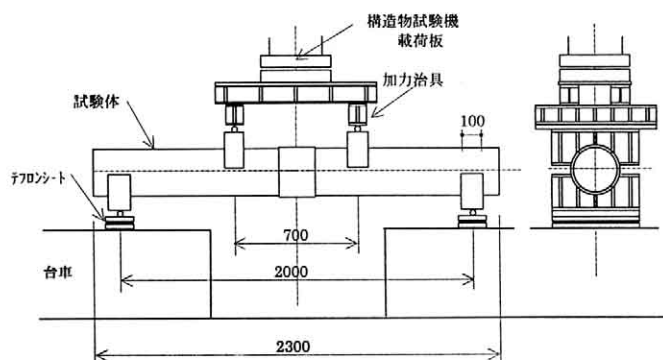


図2 250A 直管曲げ試験の計画図

100A パイプの試験結果は継手有無の両サイズ試験体とも継手がパイプ剛性より大きかったので荷重-変位曲線の形状および最大荷重もほぼ同じであった。

250Aパイプの継手仕様は管径/管厚(D/t)比を参考にキー幅×厚を大きくして試験した結果を図3に示す。最大荷重は荷重-変位曲線から継手なしパイプと比較してNo.12(t9.3)では約80%、No.00(t12.7)では約100%である。継手部はSMA 内面でパイプの座屈により荷重が減少しているが、拔出し防止のために変位約60mmで載荷を中断した。SMA 継手は現場溶接とほぼ同等の継手強度であり、変位も大きくを十分に満足できる。

表1 直管曲げ試験の試験体 単位(mm, KN)

試験体 No.	SMA(mm)		キー(mm)		パイプ	
	幅	厚	幅	厚	寸法(mm)	規格 KN
No.47	100	5.2	5.0	2.5	Φ114.3×t6.0	STPG370
No.60	—	—	—	—	Φ114.3×t6.0	STPG370
No.55	100	7.3	8.0	3.5	Φ114.3×t8.6	STPG370
No.80	—	—	—	—	Φ114.3×t8.6	STPG370
No.12	180	10.0	12.0	6.0	Φ267.4×t9.3	STK400
No.10	—	—	—	—	Φ267.4×t9.3	STK400
No.00	180	10.0	12.0	6.0	Φ267.4×t12.7	STK400

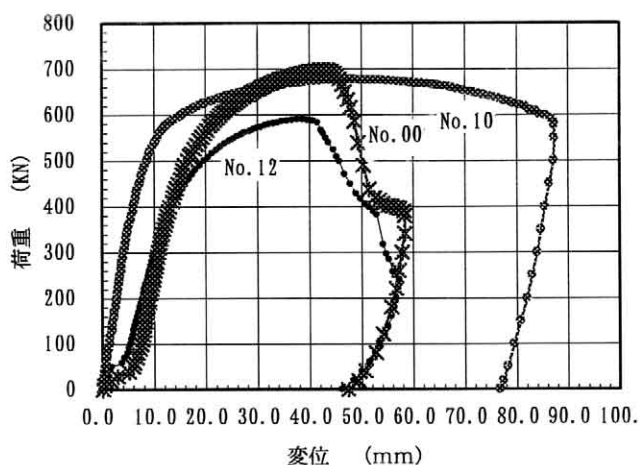


図3 250A 曲げ試験の荷重-変位曲線

4. おわりに

曲線ボーリング工法は鋼管支保工の本設構造への適用と SMA 継手の使用による施工能率の向上に伴い、経済的に成立するものである。今回、SMA 継手は性能確認試験により現場溶接とほぼ同等の強度特性が得られたので作業時間の短縮等の効果が大きい。SMA 継手を使用した鋼管支保工は、昨年度の TULIP 工法研究会における曲線ループ試験施工に採用していただき施工実績を積んでおり、誌上を借りて謝意を表します。

参考文献

- [1] 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
- [2] 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
- [3] 粕谷、中山、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（その4）：土木学会年次学術講演大会共通セッション, 1999 年 9 月, pp. 128-129
- [4] 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