

NS形EPS工法(φ500～φ900)の開発

Development of an EPS Method of Construction for NS Type Ductile Iron Pipe (φ500～φ900)

藤田弘司* 下保哲二** 吉田義徳** 富田直岐**

Hiroshi Fujita Tetsuji Shitabo Yoshinori Yoshida Naoki Tomita

ダクタイル鉄管を布設する際に交通事情などによって通常の開削工事ができない場所では、一般的に非開削工法によって管路布設工事が行われる。また、2004年に制定された「水道ビジョン」の中で基幹管路の耐震化率100%が目標として掲げられ、耐震管の採用比率はますます高まっている。当社では非開削工法によって耐震管路を布設する工法として、S形(φ500～φ900)やNS形(φ75～φ450)ダクタイル鉄管を対象としたEPS工法¹⁾を開発し、すでに全国の水道事業体で採用されている。2005年に、新たにNS形(φ500～φ900)の規格が制定されたことを受け、これらNS形を対象としたEPS工法を開発した。その性能がS形EPS工法と同等であることを確認したので報告する。

Generally, water pipe lines can be installed by non-open cut methods in places where traffic conditions prevent the installation of ductile iron pipe by open cut methods. In addition, more and more often quakeproof pipe is used for main water pipe lines because it cited in the "Water Service Vision" crafted in 2004 as achieving an earthquake-proofing rate of 100%. An EPS method¹⁾ of construction for S type (φ500 or more φ900) or NS type (φ75 or more φ450) ductile iron pipe had already been developed and adopted as a quakeproof water pipe line non-open cut installation method by waterworks bureaus across Japan. And, in 2005, because NS type ductile iron pipe (φ500 or more φ900) was newly standardized, we developed an EPS method of construction for NS type pipe. The performance of this EPS method of construction for NS type pipe was confirmed equal to that for S type pipe. This paper reports on that.

1. はじめに

これまでφ500以上の耐震管は、主にS形管が採用されてきた。このうち、呼び径500～1000については、S形管と比べると耐震性能が同等で、施工が容易なNS形管がJCPA規格化されたので、NS形管の採用が増加傾向にある。S形管とNS形管とでは、継手形状に違いがあるため、S形管(φ500～φ900)で実施されている継手伸縮代を確保したさや管内配管工法(以下、EPS工法)をそのままNS形管に適用することができない。このような

背景から、S形EPS工法と同じ性能を有したNS形EPS工法の開発を行った。本稿では、NS形EPS工法の概要説明と性能確認実験の結果報告を行う。

2. NS形EPS工法の概要

NS形EPS工法は、NS形管挿し口外面にキャスター付きの推進力伝達リングを取付け、さや管内に挿入していく工法である。図1に概要図を示す。推進力は、①サドルバンド、②EPSリング、③スラストリングを介して挿

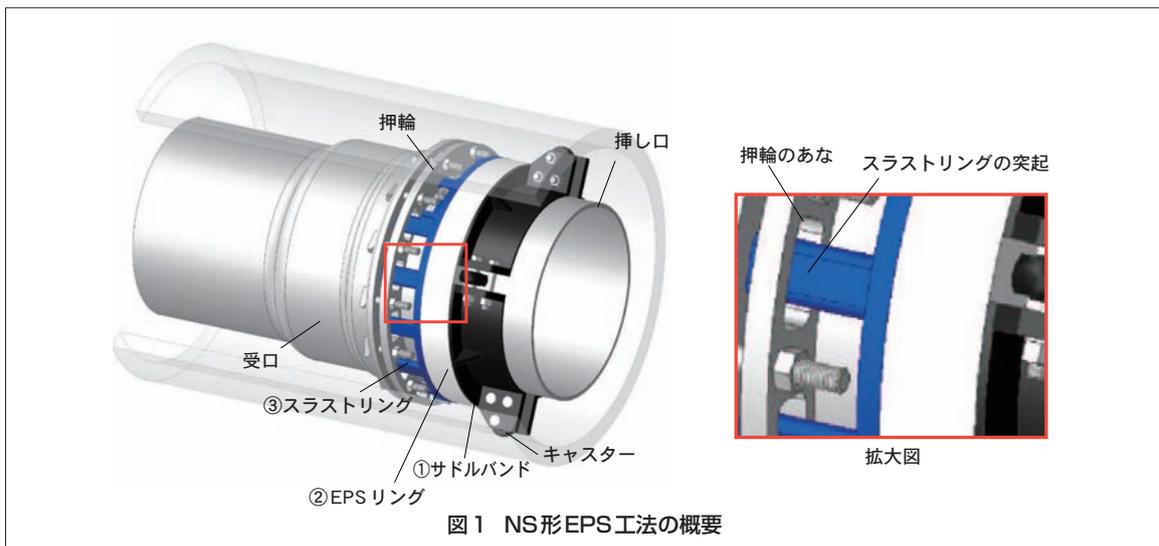


図1 NS形EPS工法の概要

* 鉄管事業部

** 鉄管事業部 鉄管研究部

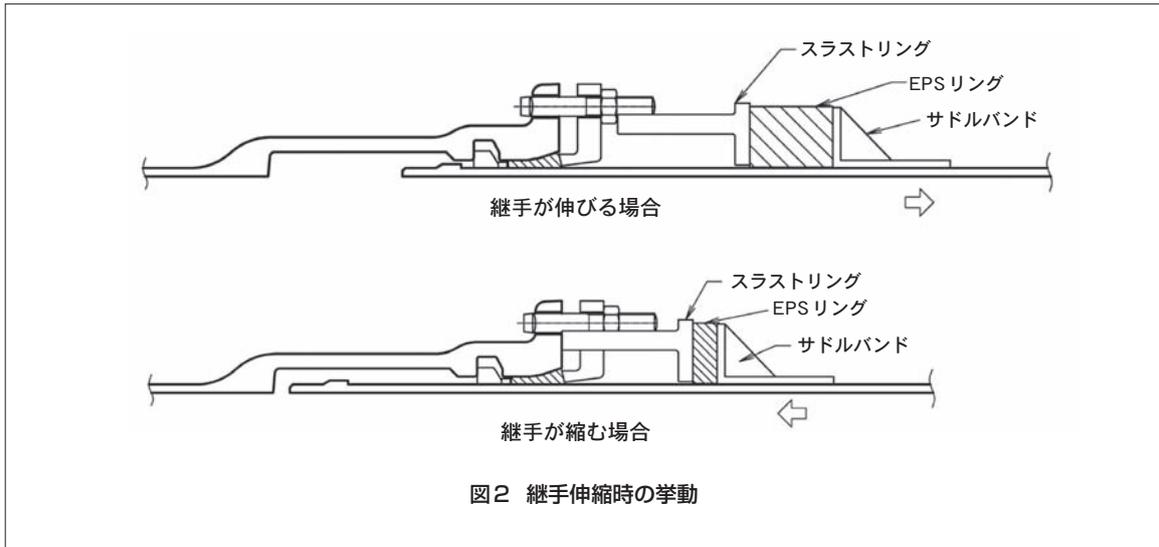


図2 継手伸縮時の挙動

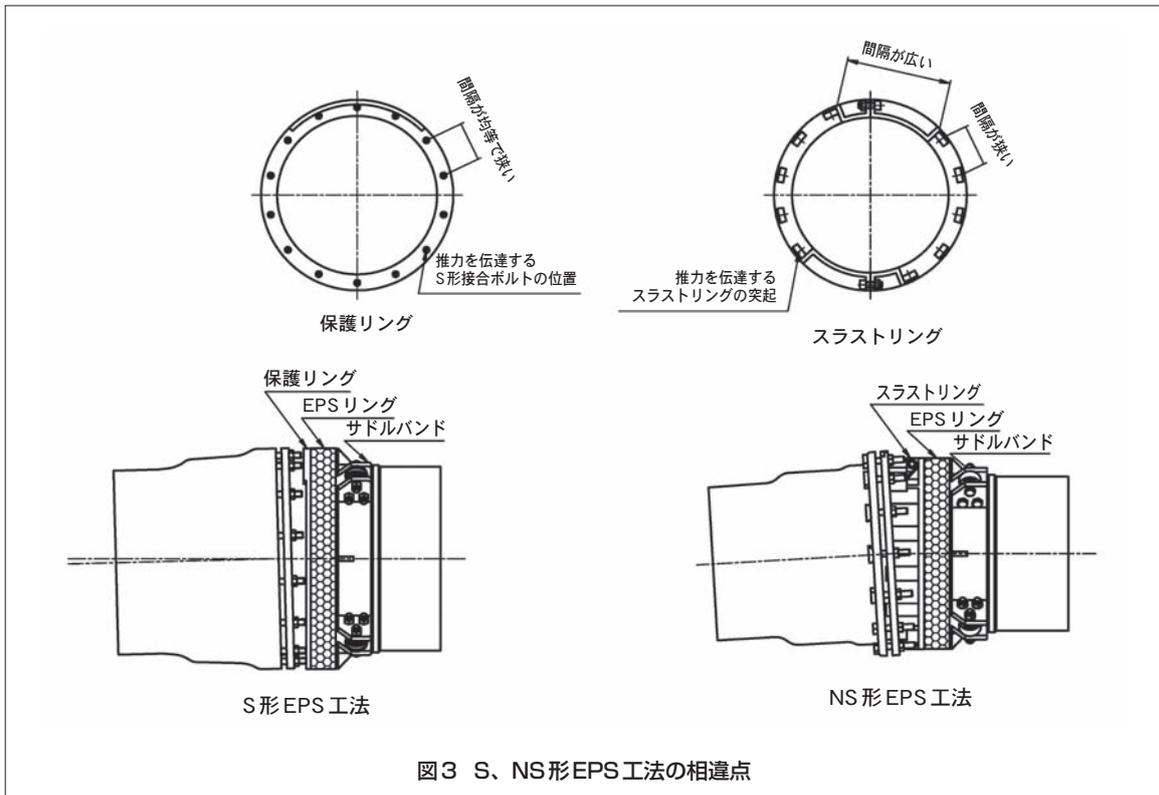


図3 S、NS形EPS工法の相違点

入る管から管へと伝達される。EPSは、発泡ポリスチレンの略称で、推進力程度の力では殆ど変形せず、これを越える荷重を負荷すると容易に変形・圧縮する素材である。また、スラストリングの突起は、重量低減のために設けられた押輪のあなを通り、受口端面に推進力を伝達する機構となっている。

本工法は、このEPSの特性を利用して、耐震管の特徴である継手伸縮代を確保した状態でさや管内に布設できるので、地震など大きな圧縮・引抜き力が加わる時に継手の伸縮を妨げない効果を有する。(図2)

NS形EPS工法の仕様を表1に示す。NS形EPS工法は、

図3に示すように管に推進力を伝達する部材をS形の保護リングからスラストリングに変更するのみで、仕様は、S形EPS工法と同じである。

表1 NS形(φ500～φ900)EPS工法の仕様

| | |
|--------------|-----------------------|
| 最大挿入距離 | 約1km(直線、挿し口溶接突起付きの場合) |
| カーブ推進 | 対応可能 |
| カーブ推進時設計曲げ角度 | 継手許容曲げ角度の1/2 |

3. 供試体

φ500、φ900スラストリングを供試体として実験を行った。スラストリングの形状を図4、図5に示す。

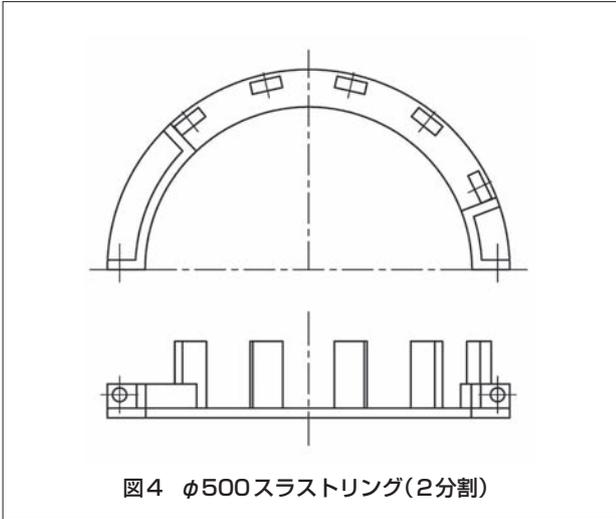


図4 φ500スラストリング(2分割)

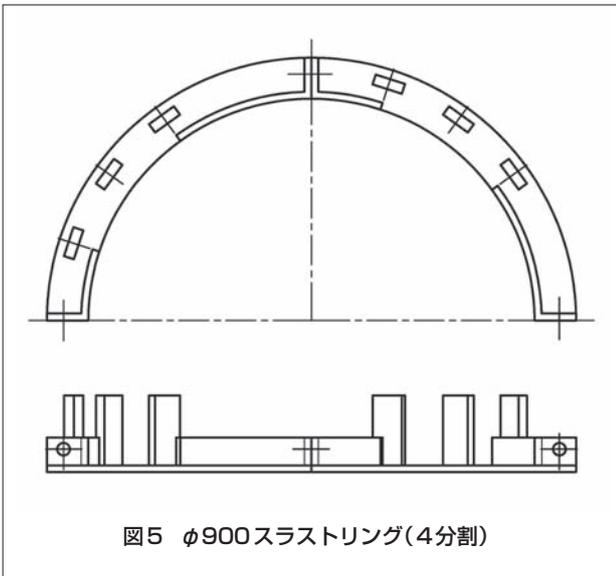


図5 φ900スラストリング(4分割)

4. 実験項目、測定項目

スラストリングの性能を確認するために表2の実験を実施した。また、各試験測定項目を4.1～4.5に示す。

表2 実験項目

| 呼び径 | φ 500 | φ 900 |
|--------------|-------|-------|
| スラストリング取付け実験 | ○ | ○ |
| 軸圧実験 (真直、曲げ) | ○ | ○ |
| ローリング実験 | ○ | - |
| 継手水密実験 | ○ | ○ |
| 継手曲げ実験 | ○ | ○ |

4.1 スラストリング取付け実験

- ・スラストリングの取付け時間

4.2 軸圧実験(継手真直・曲げ)

- ・管軸方向軸力
(油圧ジャッキの圧力変換器により測定)
- ・継手圧縮量(周上4点)

4.3 ローリング実験

- ・管軸方向軸力
(油圧ジャッキの圧力変換器により測定)
- ・継手圧縮量(周上4点)
- ・T頭ボルト軸方向歪み(歪ゲージ)
- ・ローリング用ジャッキストローク
(ワイヤー式変位計)
- ・ローリング用ジャッキ荷重
(油圧ジャッキの圧力変換器により測定)

4.4 継手水密実験

- ・水密性確認(2MPa、5分保持)

4.5 継手曲げ実験

- ・継手曲げ量(ワイヤ式変位計)

5. 実験方法

5.1 スラストリング取付け実験(φ500、φ900)

作業員2人で2分割(φ500)、4分割(φ900)スラストリングを取付けることができるかを確認した。また、取付け作業時間を測定した。

5.2 軸圧実験(φ500、φ900)

NS形管の継手部にサドルバンド、EPSリング、スラストリングを取付けた状態で、直線1km挿入時の推進力相当の軸力を負荷し、スラストリングが変形することなく軸力を伝達できるかを確認した。曲げ軸圧実験時の継手の角度は、継手許容曲げ角度の1/2(φ500:1.67°、φ900:1°)とした。

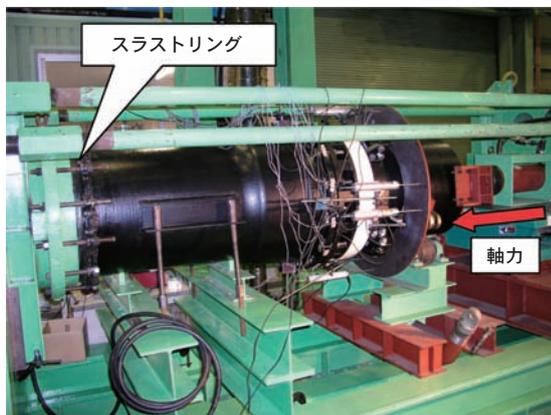
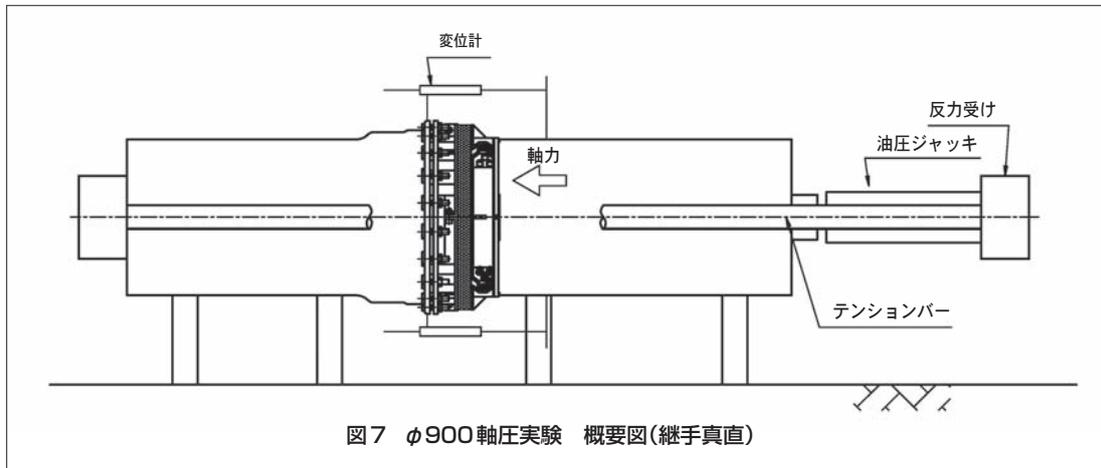
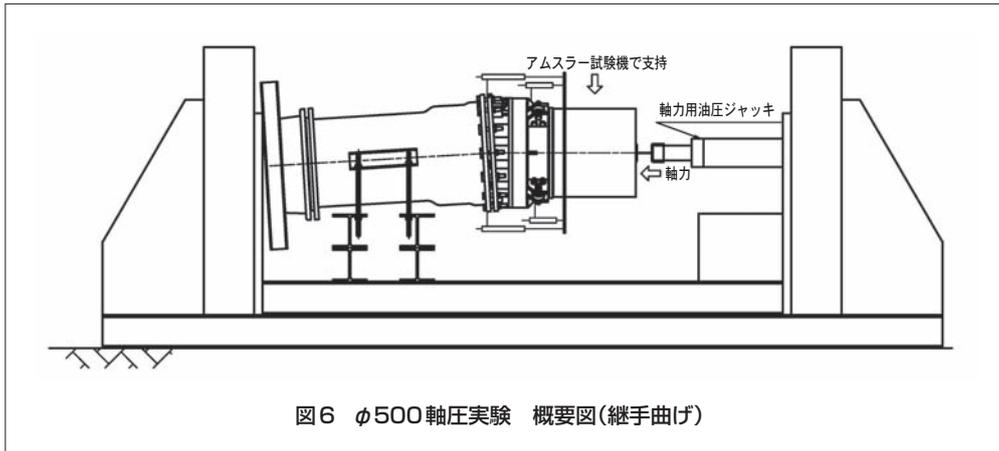
実験の概要を図6、図7に、状況を図8～図11に示す。また、実験条件を表3に示す。

表3 軸圧実験の実験条件

| 項目 | 実験条件 | |
|--------|-----------------------|-----------------------|
| 呼び径 | φ 500 | φ 900 |
| 継手曲げ角度 | 0°、1.67° | 0°、1° |
| 軸力 | 0～122kN ^{注1} | 0～380kN ^{注2} |

注1：NS形モルタルライニング管(φ500×4m)を1km挿入する時の推進力

注2：NS形モルタルライニング管(φ900×4m)を1km挿入する時の推進力



5.3 ローリング実験($\phi 500$)

ローリングとは、管を推進する際に回転する現象である。S形EPS工法の過去の実験と施工事例から主にカーブ推進時にローリングが発生することが確認されている。この発生機構を図12中の1～3に示す。

- 1) 真直推進の場合、さや管の中央部が管が進む。
- 2) カーブ区間に到達すると管が曲がり外側にせり上がる。
- 3) キャスターを回転中心として管が転倒する。転倒モーメントは、キャスターから管中心までの水平距離(モーメントアーム)に管などの自重を乗じた値となる。

このようにローリングは、管の転倒に起因するので、実際には起こりにくいが、図12中の4(カーブ推進時3)のとき、転倒モーメントが最大となる。実験では、この時の転倒モーメントになるように管を回転させる荷重(以下、ローリング荷重)に設定した。

ローリング実験の概要と状況を図13～図15に、実験条件を表4に示す。

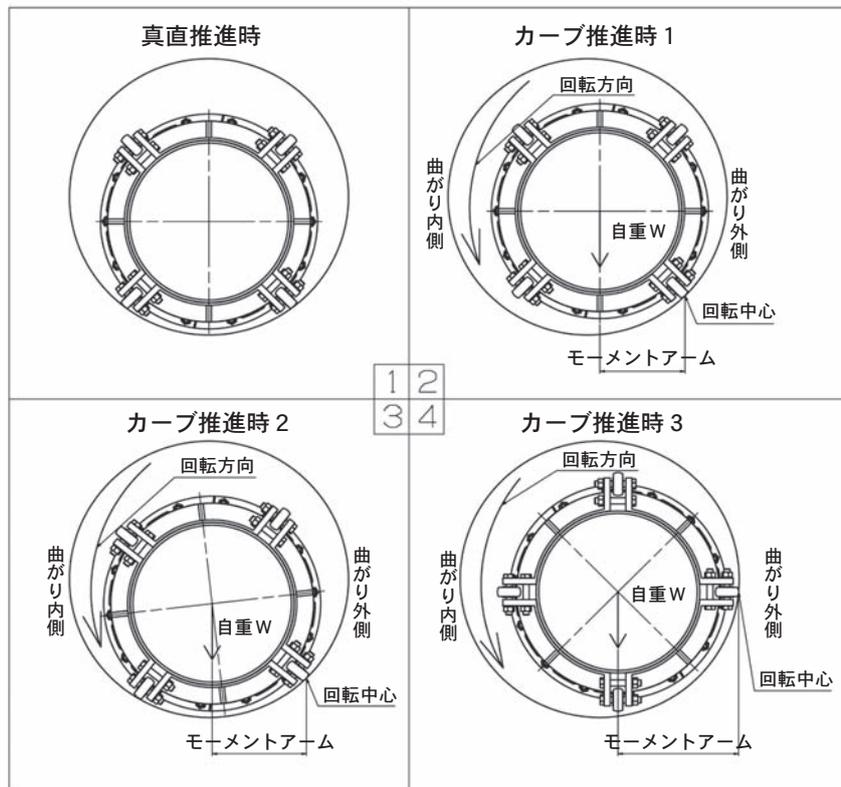


図12 管のローリング発生機構

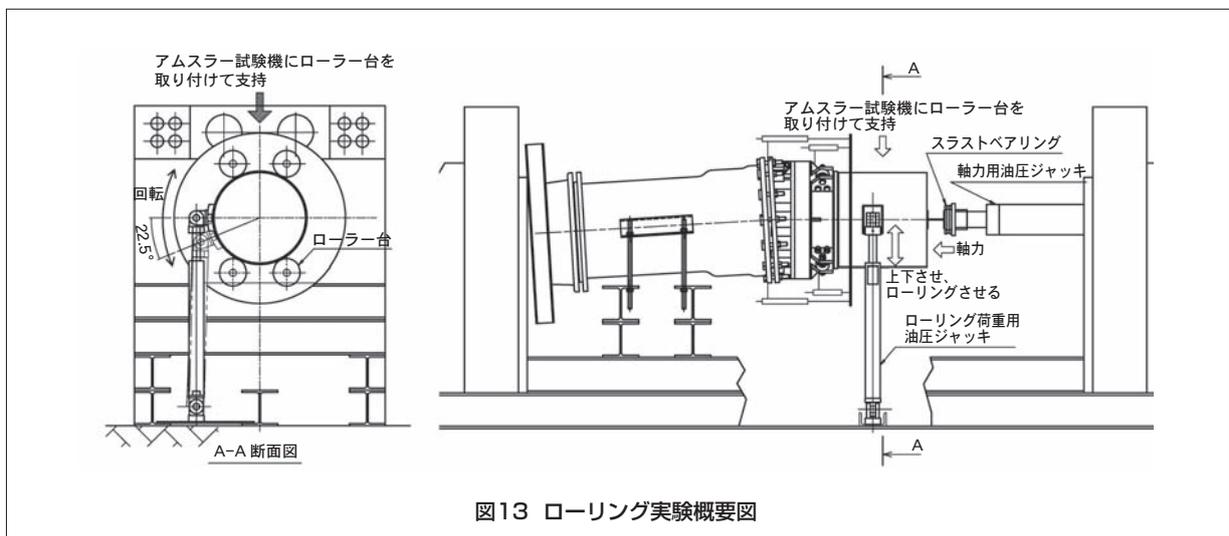


図13 ローリング実験概要図

表4 ローリング実験条件

| 項目 | 実験条件 |
|---------|-----------------------|
| ローリング荷重 | 13kN |
| 軸力 | 0、5、10、20、30、50、100kN |
| 継手曲げ角度 | 1.67° |
| ローリング角度 | 22.5° (1往復) |



図15 ローリング実験状況

5.4 継手水密実験(φ500、φ900)

軸圧実験、ローリング実験後(φ500)または、軸圧実験後(φ900)の継手に対して表5の条件で水圧を負荷し、継手の水密性を確認した。

表5 継手水密実験の実験条件

| 項目 | 実験条件 |
|---------|----------|
| 水圧、保持時間 | 2 MPa、5分 |

5.5 継手曲げ実験

継手曲げ実験の概要と状況を図16～図19に示す。曲げ角度は、表6に示すように地震時や地盤沈下時の最大屈曲角(以下、最大屈曲角)である7°を最大とした。また、スラストリングの突起の位置は、継手屈曲の外側と内側とした。

表6 継手曲げ実験の実験条件

| 呼び径 | 継手曲げ角度 |
|-------|------------------|
| φ 500 | 0°、1.67°、3.3°、7° |
| φ 900 | 0°、1°、2°、4°、7° |

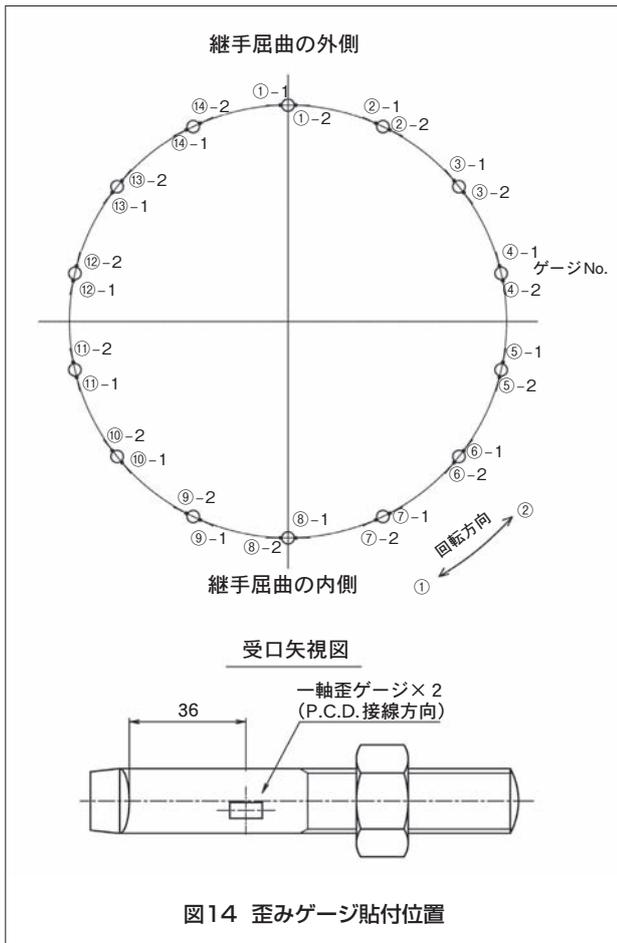


図14 歪みゲージ貼付位置

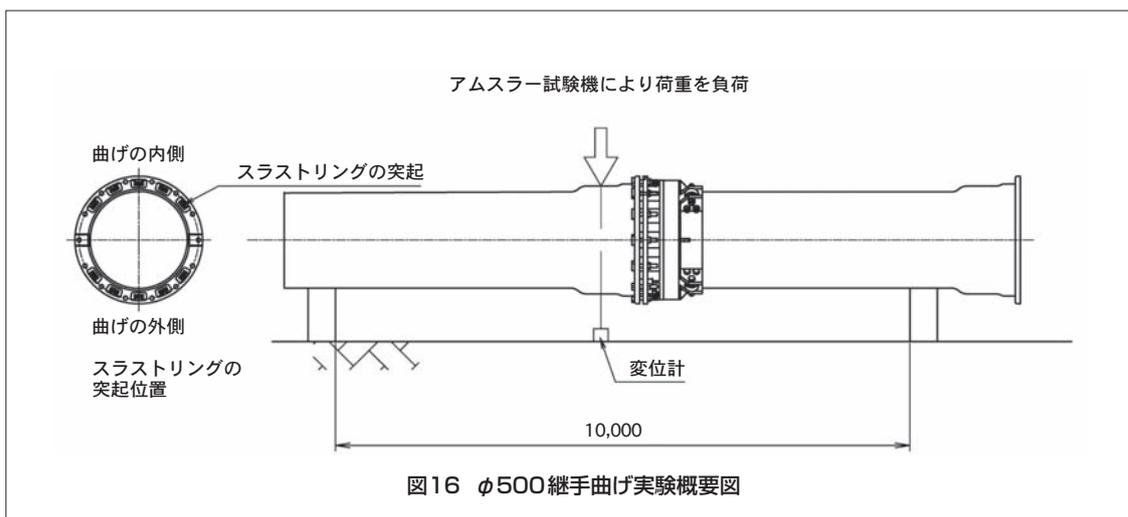


図16 φ500継手曲げ実験概要図

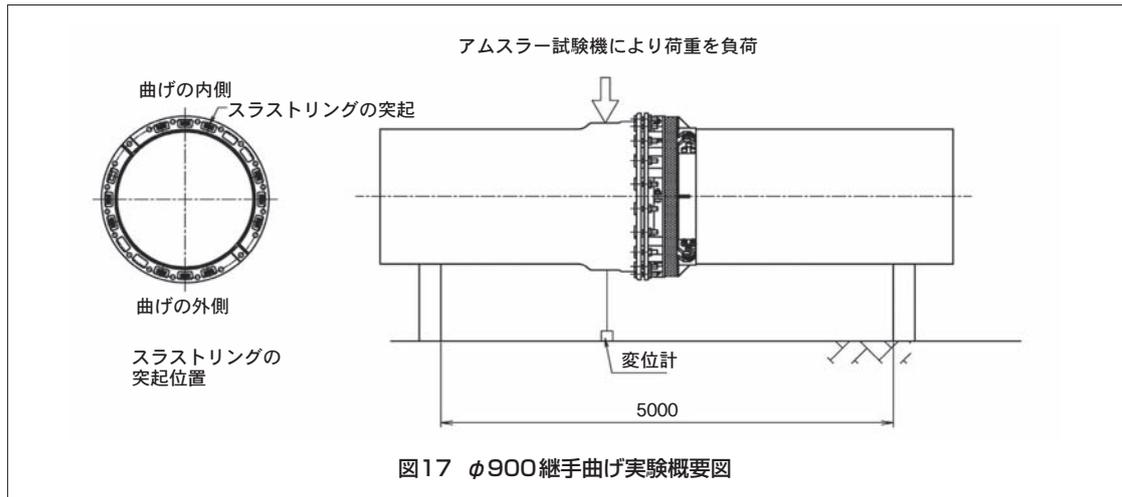


図18 φ500継手曲げ実験状況



図19 φ900継手曲げ実験状況

6. 実験結果

6.1 スラストリング取り付け実験結果(φ500、φ900)

実験結果を表7に示す。φ500、φ900ともに作業員2名で取付けることができた。スラストリングの組み立ては、押輪に干渉しないところで行い、突起が受口に当たるところまでスライドさせた(図20)。その後、S形EPS工法と同様の手順でEPSリング、サドルバンドを取付けた。(図21)

表7 スラストリング取り付け実験結果

| 呼び径 | φ 500 | φ 900 |
|---------|-------|-------|
| 取り付け作業性 | 良好 | 良好 |
| 取り付け時間 | 約3分 | 約6分 |



図20 作業員2名によるφ900スラストリング取り付け状況



図21 作業員2名によるφ900EPSリング、サドルバンド取り付け状況

表8 軸圧実験結果

| 項目 | 実験結果 | | | |
|------------|----------|-------|-------|-------|
| | φ 500 | | φ 900 | |
| 呼び径 | φ 500 | | φ 900 | |
| 継手曲げ角度 | 0° | 1.67° | 0° | 1° |
| 最大軸力 | 124kN | 124kN | 387kN | 380kN |
| スラストリングの状態 | 変形等の異常なし | | | |

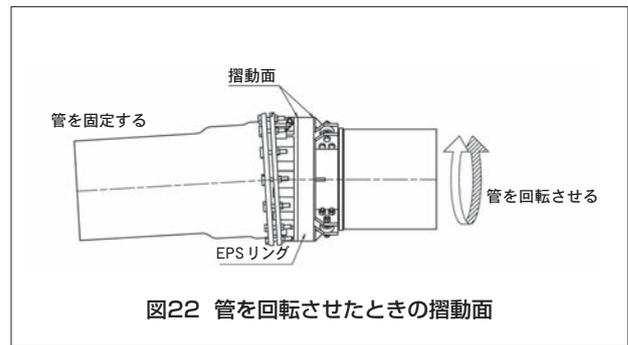


図22 管を回転させたときの摺動面

表9 φ500 ローリング実験結果

| 軸力 kN | 管の回転状況 | 実験結果 | | | |
|-------|--|---|------------------|--|-------------------|
| | | 最大軸歪み ^{*2} が生じるT頭ボルトとその値(×10 ⁻⁶) | | 最大曲げ歪み ^{*2} が生じるT頭ボルトとその値(×10 ⁻⁶) | |
| 0 | スラストリングの突起が押輪に接触した後、EPSリングの境界面で摺動しながら管が回転する。 | ④ | 44 ^{*1} | ④ | 101 ^{*1} |
| 5 | | ⑥ | 39 | ③ | 160 |
| 10 | | ⑥ | 25 | ③ | 198 |
| 20 | | ⑥ | 26 | ③ | 238 |
| 30 | スラストリングの突起が押輪に接触するまで管が回転する。 | ③ | 12 | ③ | 163 |
| 50 | 回転しない。 | ③、⑦ | 5 | ③ | 119 |
| 100 | | ③ | 16 | ③ | 100 |

※1：復路の最大値を示す。

※2：軸歪み = $\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2}$ 、曲げ歪み = $\frac{|\varepsilon_1 - \varepsilon_2|}{2}$

6.2 軸圧実験結果(φ500、φ900)

実験結果を表8に示す。φ500、φ900ともに直線1km相当の軸力を伝達させたところ、スラストリングに変形等の異常が生じることはなかった。

6.3 ローリング実験結果(φ500)

表9に実験結果を示す。管が回転するときは、始めにスラストリングと受口との接触面が摺動し、続いて図22に示すようにEPSリングとサドルバンドまたはスラストリングとの接触面が摺動して回転に追従した。また、軸力が比較的小さいときは、管が回転したが、軸力が大きくなるにつれ回転しなくなった。これは、軸力が大きくなると、摺動面の摩擦抵抗力が大きくなるためと考えられる。

管にローリング荷重が作用すると、管の回転の有無に関わらず、継手T頭ボルトに歪みが発生したが、発生した歪みの大きさは、T頭ボルト材料SUS304の0.2%耐力値に相当する引張歪みの値と比べると十分小さく、問題のないことが分かった。管が回転しない場合は、スラス

トリングが押輪に接触しないが、ローリング荷重の影響がゴム輪を介して押輪、T頭ボルトに及んだためにT頭ボルトに歪みが発生したと考えられる。

(SUS304の0.2%耐力相当の引張歪み)
 = 205MPa ÷ 200GPa = 1025 × 10⁻⁶

6.4 継手水密実験結果(φ500、φ900)

表10に実験結果を示す。軸圧実験後(φ900)や軸圧実験、ローリング実験後(φ500)の継手に対して水圧を負荷したが、漏水等の異常はなく、スラストリングが継手水密性に影響を与えないことを確認した。

表10 継手水密実験結果(φ500、φ900)

| | |
|---------|-------------|
| 水圧、保持時間 | 2 MPa、5分間保持 |
| 実験結果 | 漏水等の異常なし |

6.5 継手曲げ実験結果

表11に実験結果を示す。許容曲げ角度(φ500:3.3°、φ900:2°)まで曲げてもスラストリングが押輪に接触しなかった。最大屈曲角度7°まで曲げると、φ900の場合、スラストリングが押輪に接触することがあったが、スラストリングが変形することによって、継手の屈曲を阻害しないことを確認した。

表11 継手曲げ実験結果

| φ500 | | φ900 | |
|---------|--------|--------|--------|
| 継手曲げ角度 | 曲がりの状況 | 継手曲げ角度 | 曲がりの状況 |
| 0°～3.3° | ○ | 0°～2° | ○ |
| 3.3°～7° | ○ | 2°～5° | ○ |
| - | - | 5°～7° | △ |

○：スラストリングが押輪に接触せずに継手が曲がる。
△：スラストリングが変形して継手が曲がる。

7. まとめ

NS形EPS工法の性能確認実験結果を表12にまとめる。NS形EPS工法は、スラストリングを使用する点でS形EPS工法との違いがあるが、性能確認実験により作業性、推進力伝達性能、カーブ推進性能がS形EPS工法と同等であり、継手の屈曲性を損なわない工法であることを確認した。

8. おわりに

S形EPS工法は、100件近くの実績があり、最大約850mの長距離挿入の実績がある工法である。本工法を使用することによってNS形管についてもS形管と同様の非開削工事による管路布設が可能となった。本工法が管路耐震化の一助になれば幸いである。

参考文献

1) 山本吉彦、下保哲二；耐震管用さや管内配管工法の開発、クリモト技報No.50 P40-51、2004.3



図23 φ500継手7°曲げ状況



図24 φ900継手7°曲げ状況

表12 性能確認実験結果(φ500、φ900)

| 実験項目 | 確認内容 | 結果 | |
|---------------|--|-------|-------|
| | | φ 500 | φ 900 |
| スラストリング取り付け実験 | 作業員2人でスラストリングを取付けることができるか | ○ | ○ |
| 軸圧実験 | 継手を真直、許容曲げ角度の1/2曲げ状態にして、直線挿入長1km相当の推進力を伝達することができるか | ○ | ○ |
| ローリング実験 | 管のローリングに追従できるか T頭ボルトに過大な歪みが発生しないか | ○ | - |
| 継手水密実験 | 推進力が作用しても継手水密性に影響しないか (2MPa、5分間保持できるか) | ○ | ○ |
| 継手曲げ実験 | 継手を最大屈曲角度7°まで曲げることができるか | ○ | ○ |

執筆者

藤田弘司

Hiroshi Fujita

平成7年入社

ダクタイトイル管の研究・開発に従事



下保哲二

Tetsuji Shitabo

平成4年入社

ダクタイトイル管の研究・開発に従事

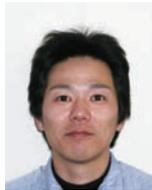


吉田義徳

Yoshinori Yoshida

平成3年入社

ダクタイトイル管の研究・開発に従事



富田直岐

Naoki Tomita

平成4年入社

ダクタイトイル管の研究・開発に従事

