

## 拡径式鋼管継手構造の研究開発

### 1. 研究開発の概要

近年、用水管理の合理化や用水の安定供給あるいは維持管理の容易さなどから開水路の管路化や併設管路化に加え老朽化した管路の布設替えなどの事業が進められている。このパイプライン化については、建設コストの縮減だけでなく、農村の都市化・混住化に伴う施工の短縮要求ならびに耐震性や環境問題といった観点についても近隣住民の理解を得やすい工法が求められている。

この管路化の鋼管接合については、溶接継手が一般的であった。しかし、溶接継手は溶接や非破壊検査時に熟練した技能者が必要であり、近年の熟練工の高齢化による減少を背景として、溶接継手による鋼管布設だけでは十分に対応できない可能性がある。

そこで、鋼の特性である冷間塑性加工の性能を活かし、管端を揚げながら接続する新たな鋼管接合法として、拡径式鋼管継手を開発した。この拡径式鋼管継手は、低圧用（1 MPa以下）の中口径鋼管（口径600A～1200A）を対象とした接合法で、従来の溶接継手やメカニカル接続に比べて、コスト縮減および工期短縮に寄与できる工法である。

内面塗装としては水道用液状エポキシ樹脂塗装を、また外面塗覆装としては防食性能・物理的性能に優れたプラスチック被覆（ポリウレタンまたはポリエチレン）を採用している。さらに現地接合部の外面には、プラスチック系ジョイントコート（熱収縮シート）を施工する。現地接合部の内面塗装は無く、工場塗装のまま供用される。

### 2. 導入効果

- ・特殊な資格を必要とせずボルトなどの付属品も無いため、土木施工業者の作業員にも接合可能な継手であり、コスト縮減と工期短縮を可能とする。容易な接合法であるものの継手は離脱を防止できる耐力がある。
- ・防食性能、物理的性能にすぐれた塗覆装を使用し、これまで以上の性能が確保できる。
- ・溶接ヒュームや開先加工のためのグラインダーによる騒音などが無く環境にやさしい接合法である。

### 3. 研究開発期間

平成11年度～平成14年度

### 4. 研究体制

組合：新日本製鐵株式会社、住友金属工業株式会社、日本鋼管株式会社、川崎製鉄株式会社  
（日本鋼管株式会社と川崎製鉄株式会社は平成14年4月に経営統合により、JFEエンジニアリング株式会社）

(独)農業工学研究所：造構部施設機能研究室、水工部水路工水理研究室

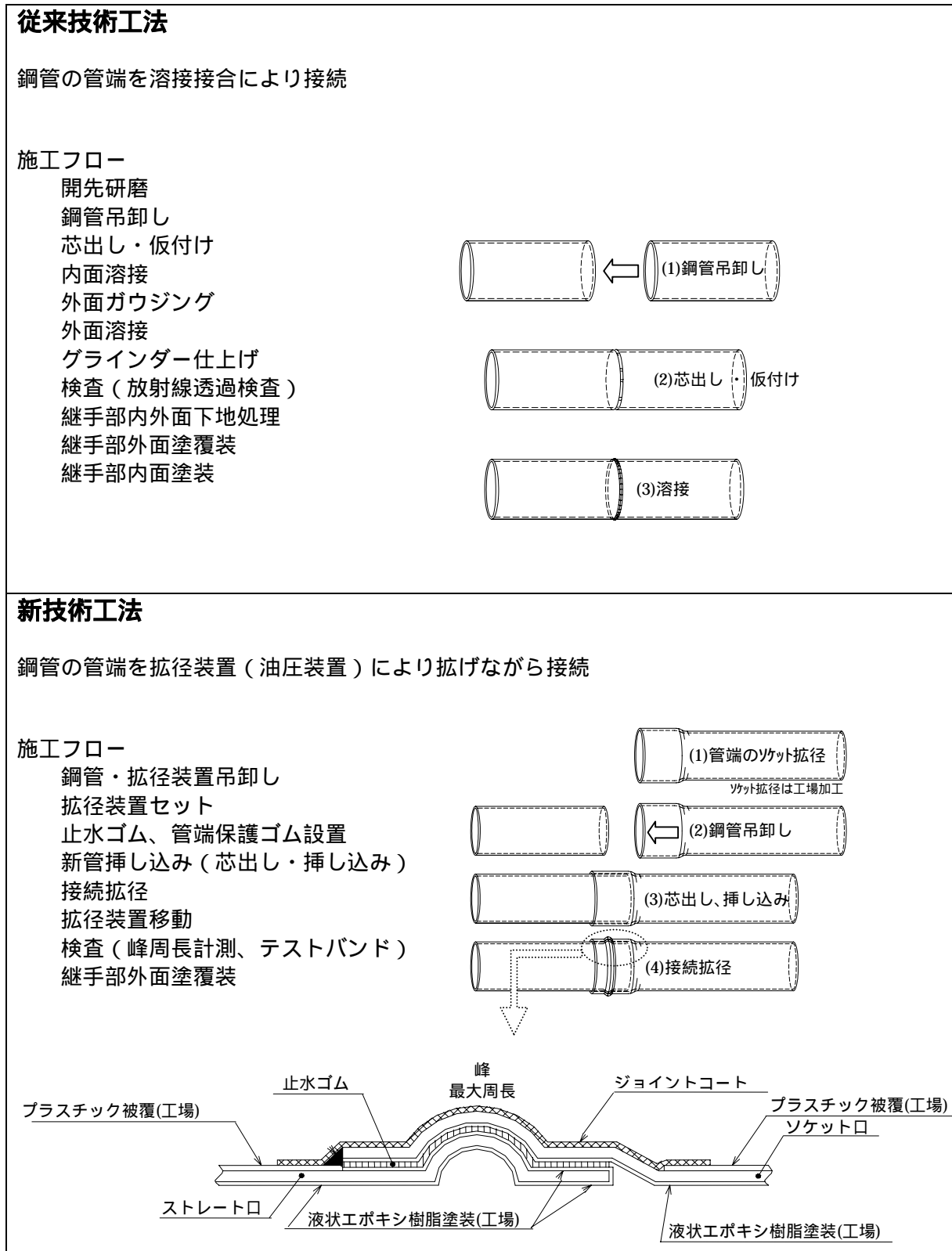
実証試験：水資源開発公団（平成15年10月より(独)水資源機構）

5. 従来技術との比較

これまでの鋼管継手は、配管全体を一体化させる溶接継手が多く用いられているが、品質確保のためには組立・溶接・非破壊検査・塗覆装といった工程が必要であった。

これに対して、工場でのソケット拡径と拡径装置による現地での接続拡径により簡便に接続でき作業者の技量の影響を受けない接続法である。また、施工時間が短く、資格が不要な継手のためパイプライン事業費のコスト縮減に寄与することができる。

表5 - 1 継手の施工手順と標準断面図



## 6. 新技術開発の成果（実証試験のとりまとめ）

### 6.1 実証試験の概要

#### 6.1.1 工事概要

工 事 件 名：昭和開水路拡径式鋼管併設水路工事

実 施 地 区：香川用水

鋼管呼び径：1200A

施 工 延 長：約170m

表6.1-1 従来技術との概要比較

従来工法（溶接接合）	新技術による工法（拡径式鋼管継手構造）
1. 工事費 74,300円/m 施工延長 約170m *吊込・据付、溶接、塗装のみ計上	1. 工事費 65,735円/m 施工延長 約170m *吊込・据付・拡径、塗装のみ計上
2. 維持管理費  特に無し	2. 維持管理費  特に無し
3. 施工性  ・加工が容易な鋼管のため、現場の状況に合わせた施工が可能である。 ・溶接等の作業は国家資格の有資格者が行い、高い品質が確保されている。	3. 施工性  ・現場曲げが1.9°（1200Aの場合）まで可能なため、現場の状況に合わせた施工が可能である。 ・接続拡径は拡径装置により自動で行われるため、メカニカル継手のなかでも安定した高品質な継手が確保され、短工期も可能としている。
4. 施設の機能 ・高い構造性能、耐震性能 ・高い水理性能 ・高い耐久性	4. 施設の機能 ・従来工法とほぼ同等である。
	共同出願特許 発明の名称：鋼管の拡管接合継手構造 出願番号：特願 2002 - 058436 出願日：平成 14 年 3 月 5 日

#### 6.1.2 調査項目の概要

現地において下表の項目について調査を行った。このうち、構造性能は現地着工前に工事と同仕様の実物大の拡径式鋼管継手構造による室内試験を行い、他の項目は現地にて調査を行った。

表6.1-2 調査概要

実証調査試験項目	調査試験方法
1. 歩掛調査	1. ストップウォッチとビデオによる施工実績の歩掛調査
2. 構造性能	2. 管継手構造の性能確認試験（1200A×7t 供試体）
3. 止水性能	3. テストバンドによる継目試験
4. 防食性能	4. 配管後と通水後の防食状態、構造物とのメタルタッチ
5. 水理性能	5. 拡径式鋼管に設置した導圧管による実測試験

### 6.1.3 調査結果の概要

前述の調査項目に対する結果は下表の通りである。

表 6 . 1 - 3 調査結果

1. 歩掛調査：計測した結果、1 継手当り特殊作業員 1 人、普通作業員 3 人の班編成で行い、1 サイクル時間平均 72 分という結果を得た。1 日当りの実働時間を農水省「土地改良工事標準積算基準」より 7 時間に設定し、標準作業本数は  $420 / 72 = 5.83 = 5.8$  本 / 日とした。新工法であることから、特殊作業員は稼働率 ( 0.9 ) を考慮したが、普通作業員については、同時に 3 人が接合作業を行っているわけではなく、後続の管体吊卸し等の作業を行っていることが多いことから稼働率は考慮していない。

名称	単位	歩掛	備考
特殊作業員	人	0.19	
普通作業員	人	0.52	
トラッククレーン	人	0.19	油圧式 4 . 9 t
拡径装置	日	0.19	
発動発電機	日	0.19	

1200 × 7.0t × 6300L 1 本当り歩掛

2. 構造性能：接続拡径後、軸圧縮試験後の継目試験は、ともに 0.1MPa、5min の止水性能を満足した。軸圧縮試験 ( 設計スラスト力 × 約 4 倍 = 100kN ) 時の継手変位量は 0.9mm であった。数値解析では継手変位量 0.9mm で圧縮、引張りとも 80kN 弱であり、試験結果は数値解析結果より安全側に出ている。

3. 止水性能：計測結果では、すべての継手箇所 0.1MPa 以上加圧して 5min 後の水圧が許容水圧 ( 初期水圧の 80% ) 以上であった。

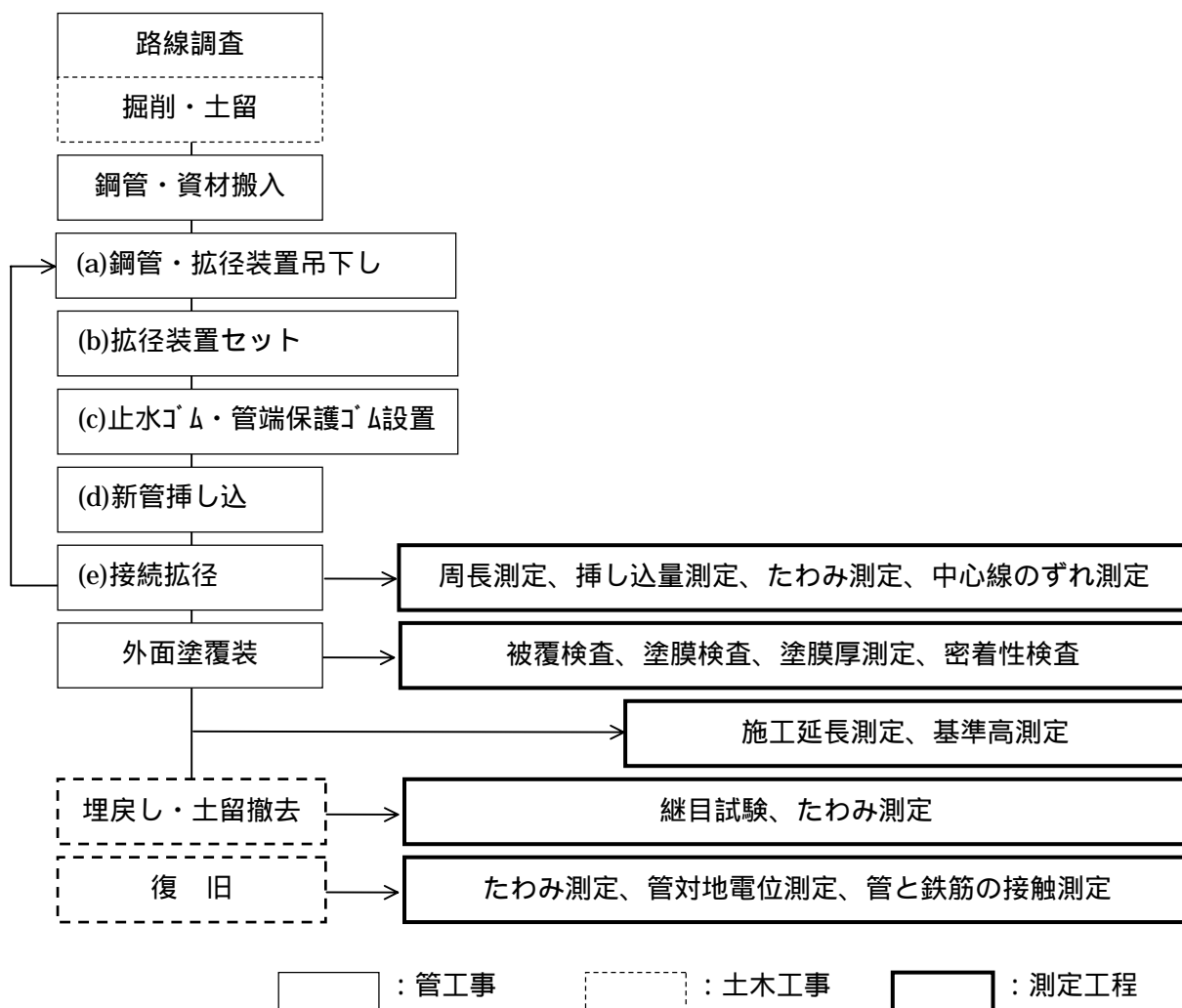
4. 防食性能：接続拡径後の全継手について、目視・ピンホール・膜厚の調査を行い、一般部と同様、内面エポキシ塗装及び外面熱収縮シートに問題ないことを確認した。また、各継手の導通性、埋設後のコンクリート貫通部鉄筋のメタルタッチについて、抵抗測定及び管対地電位測定で異常のないことを確認した。

通水後半年以上経過した非かんがい期に、管内面塗装の外観目視調査を行った結果、管体部及び拡径継手部の内面塗膜は、さびの発生、塗膜の剥れ、クラック等の割れ、塗膜の膨れは全く見られず、非常に良好な状態であった。

5. 水理性能：非かんがい期のうち一定の流速 ( 1 m / s 程度 ) が確保できる時期 ( 12 月 1 日の流量変更後 ) に、各圧力タップ間の圧力損失水頭、水温を計測し、水理性能を確認した結果、供用流量の 1.3m/sec と調整流量の 1.1m/sec の 2 ケースの動水勾配は、 $I = 0.00083$  (  $V = 1.3\text{m/sec}$  ),  $0.00060$  (  $V = 1.1\text{m/sec}$  ) となり、流速係数  $C$  値を逆算して求めると、それぞれ  $C = 150, 154$  となった。平成 12 年に 100A ~ 300A の供試管を用いて実施した確認試験 ( 官民連携新技術研究開発事業 ) では、溶接継手鋼管と同等の水理性能を有することが確認されている。

## 6.2 実証試験の詳細

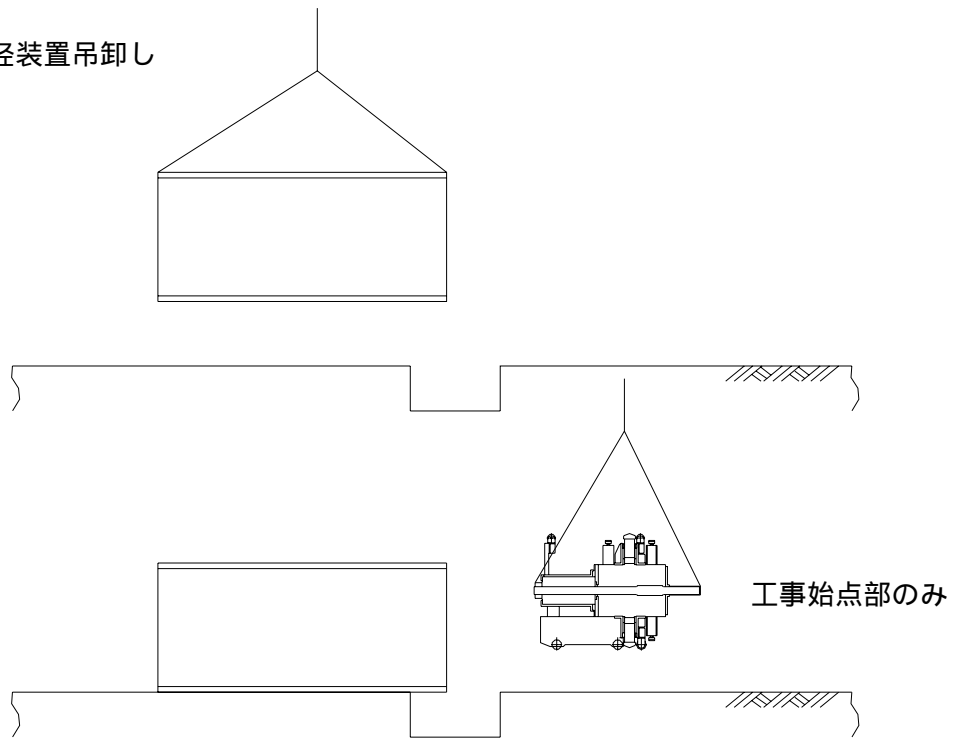
### 6.2.1 施工フローと計測



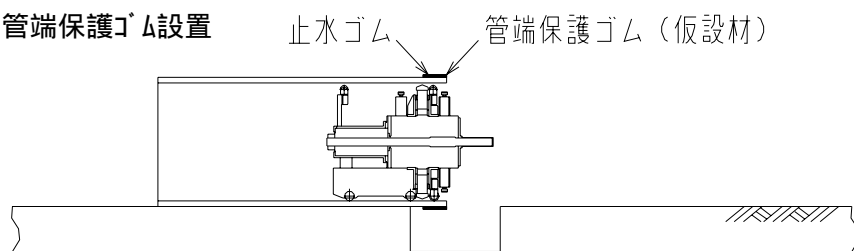
構造性能の確認は、現地着工前に工事と同仕様の供試体を用いて行った。

図6.2-1 施工フローと計測

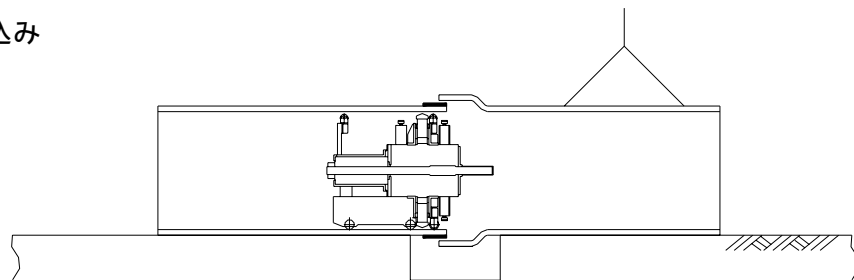
(a)鋼管・拡径装置吊卸し



(b)止水ゴム・管端保護ゴム設置



(c)新管挿し込み



(d)接続拡径

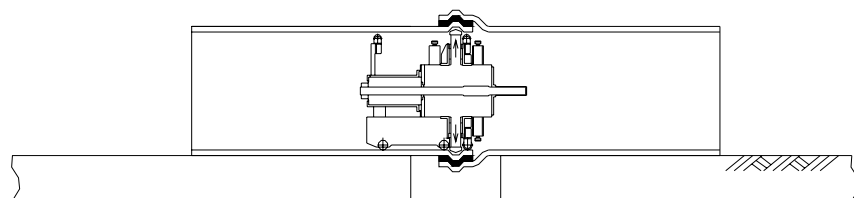


図6.2-2 拡径式鋼管継手構造の施工フロー概要図

## 6.2.2 材料

### (a) 鋼管仕様

管材料：STW400

口 径：1200A（ソケット側は工場加工）

管 長：有効長 6.0m（実長 6.3m、内継手部 0.3m）

管 厚：6.0mm、7.0mm

### (b) 塗覆装仕様

挿し込側

内面 EP：水道用液状エポキシ樹脂塗装 0.5mm 以上

外面 EP：水道用液状エポキシ樹脂塗装 0.5mm 以上（管端から 350mm）

ソケット側

内面 EP：水道用液状エポキシ樹脂塗装 0.5mm 以上

外面 1次防錆：水道用液状エポキシ樹脂塗装一回塗り（管端から 500mm）

継手部以外

内面 EP：水道用液状エポキシ樹脂塗装 0.5mm 以上

外面 PU：ポリウレタン塗覆装 2.0mm 以上

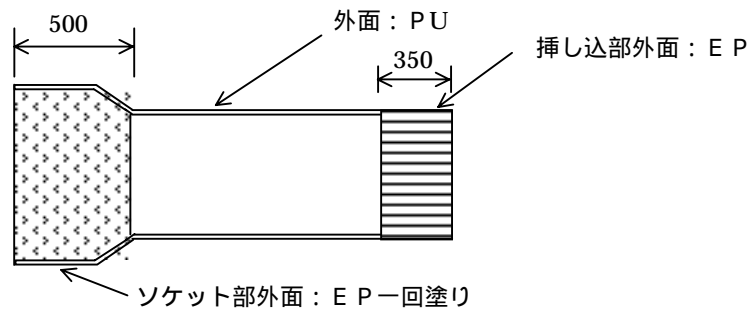


図 6.2-3 鋼管塗覆装仕様概要

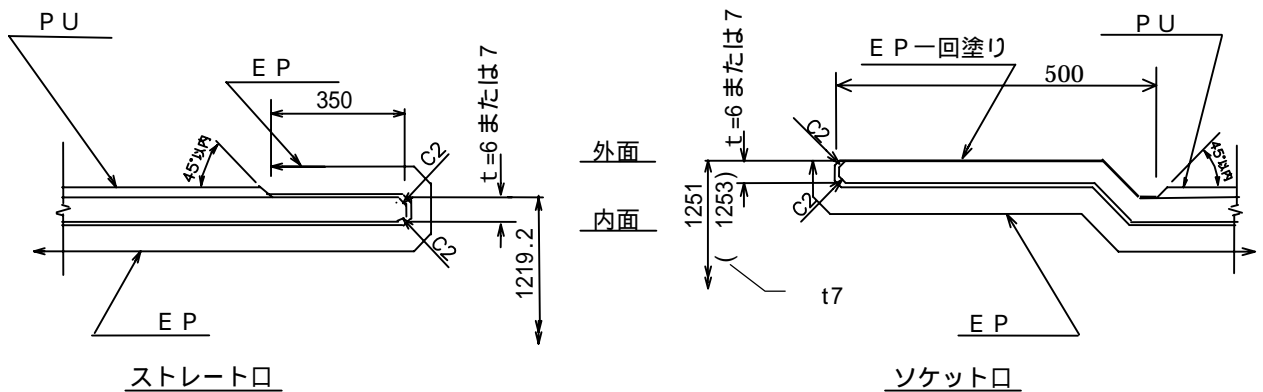


図 6.2-4 継手部塗覆装仕様

### (c) 止水ゴム・管端保護ゴム仕様

止水ゴム仕様

材 質：SBR60 $\pm$ 5（継目無し加工）

ゴム幅：250mm

ゴム厚：3.0mm

## 6.3 歩掛調査

### (a) 調査方法

各作業項目に要する作業時間について、ストップウォッチを用いて計測を行った。

(b) 調査結果

接続拡径の各作業項目と平均作業時間を下表にまとめる。

表 6.3 - 1 作業時間計測結果 単位：分

計測項目	平均作業時間
配管位置調整	7
拡径装置挿入	4
拡径装置位置合せ	5
テフロンシート取付	5
真円保持拡径	
止水・管端保護ゴム取付	3
新管吊卸し	15
新管挿込み	22
接続拡径	5
周長測定	3
挿込み量測定	1
縮径	2
拡径装置移動、取出し	5
サイクル時間平均	72

サイクル時間とは接続拡径後周長測定 挿込み量計測と縮径拡径装置移動・取出しの作業が重複するため、合計時間から周長測定 挿込み量計測の時間を差し引いた時間を言う。

作業人数および工種（班編成）は、特殊作業員 1 人、普通作業員 3 人で行った。これをもとに標準歩掛りの設定を行うと、歩掛算定の為の標準時間については上表の「サイクル時間平均」とし、72分/本とする。1日当りの実働時間を7時間に設定し、標準作業本数は $420 / 72 = 5.83 = 5.8$ 本/日とした。新工法であることから、特殊作業員は稼働率(0.9)を考慮したが、普通作業員については、同時に3人が接合作業を行っているわけではなく、後続の管体吊卸し等の作業を行っていることが多いことから稼働率は考慮していない。よって上記班編成より標準歩掛は下記のように設定する。

表 6.3 - 2 標準歩掛表

名称	単位	歩掛	備考
特殊作業員	人	0.19	
普通作業員	人	0.52	
トラッククレーン	人	0.19	油圧式4.9t
拡径装置	日	0.19	
発動発電機	日	0.19	

本内容につき関係先と協議を行ったところ、1日あたりの掘削土量との整合から、4本/日程度で頭打ちとした方が工事実態との整合が図れるとの結論に至った。また、世話役についても計上する方向で土地改良工事積算基準がとりまとめられている実態を踏まえることとなった。従って、口径1200Aの有効長6mを4本布設するのに必要な掘削土量から換算して口径ごとの施工本数を求め標準歩掛を作成し、下表のようにまとめた。

表 6.3 - 3 標準歩掛表

	単位	口径					
		表 6.3-2 1200A	1200A	1100A	1000A	900A	800A
世話役	人	---	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
特殊作業員	人	0.19	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
普通作業員	人	0.52	0.75	0.67	0.60	0.55	0.50
トラッククレーン	日	0.19	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17
拡径装置	日	0.19	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17
発動発電機	日	0.19	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17



## 6.4 構造性能 (1200A × 7t 供試体)

### (a) 試験方法

供試体は実証試験で使用するものと同仕様の鋼管 (STW400 : 1200A × 7t) と止水ゴム (SBR : 250B × 3t) を用い、接続拡径 (内面凹み量 : 設計・実測とも 21.0mm) を行った。継手部内面にテストバンドを設置し、水圧 (特記仕様書 : 0.1MPa × 5 分間) を載荷することによって止水性能を確認した。続いてセンターホールジャッキを使用し、試験体にスラスト力 (24.0kN) に安全を見込んだ軸圧縮力 (100kN) を作用させ継手部の構造性能を確認した。軸圧縮力を除荷した後、再度テストバンドにより継手部内面に水圧を載荷して、止水性能を確認した。

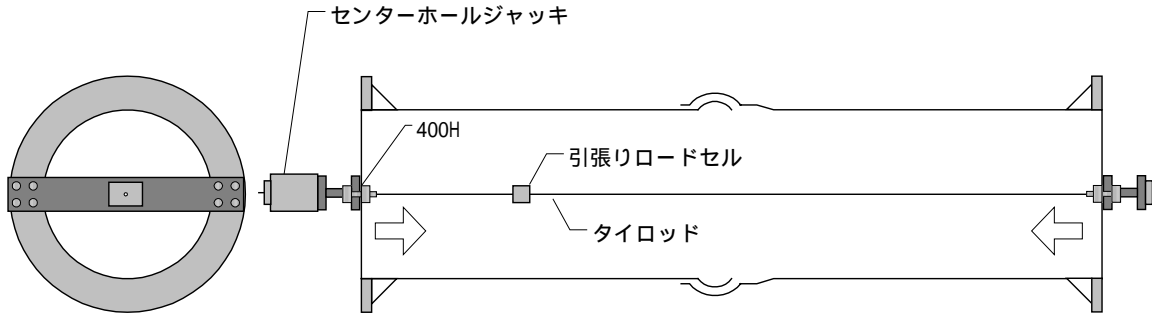


図 6.4-1 載荷試験概要

継目試験は、接続拡径後に継手部の止水性を確認するためにテストバンドを用いて継手部に水圧を負荷して継目試験を行った。試験水圧は設計内圧 (0.1MPa) 以上とし 5 分経過後に初期水圧の 80% 以上を保持できれば合格とした。

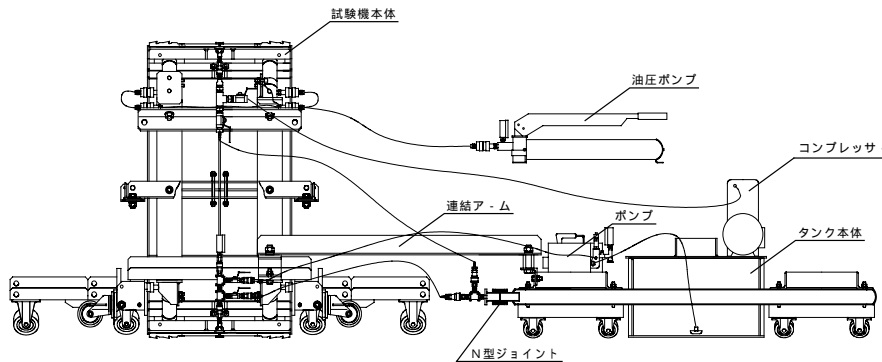


図 6.4-2 テストバンド

### (b) 継目試験結果

接続拡径終了後と軸圧縮試験後に、テストバンドにて 0.1MPa の水圧を 5 分間負荷し、水圧の変化量と漏水の有無を確認した。試験の結果、漏水はなく、水圧も許容水圧を上回った。

表 6.4-1 継目試験結果

	接続拡径後の継目試験結果	軸圧縮試験後の継目試験結果
初期水圧 (MPa)	0.104	0.103
5min 後水圧 (MPa)	0.096	0.097
5min 後許容水圧 (MPa)	0.08	0.08

### (c) 軸圧縮試験結果

F E M (有限要素法) による解析結果を下図に示す。100kN を作用させた軸圧縮試験の変位量は 0.9mm となり、その変位量における F E M 解析の継手耐力を下表に示す。軸圧縮試験 (設計スラスト力 × 約 4 倍 = 100kN) 時の継手変位量は 0.9mm であった。F E M 解析では継手変位量 0.9mm で圧縮、引張りとも 80kN 弱であり、試験結果は数値解析結果より安全側となった。

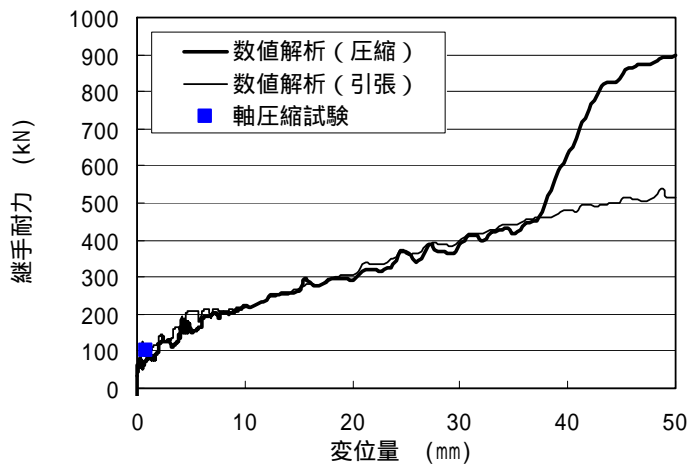


図 6 . 4 - 3 軸圧縮試験と数値解析の結果

表 6 . 4 - 2 試験と数値解析結果

	変位量 (mm)	継手耐力 (kN)
軸圧縮試験	0.9	100
数値解析 (圧縮)	0.9	77.3
数値解析 (引張)	0.9	79.8

## 6.5 止水性能

### (a) 試験方法

継目試験は全ての継手を対象とした。試験は接続拡径後に継手部の止水性を確認するためにテストバンドを用いて継手部に水圧を負荷して継目試験を行った。試験水圧は設計内圧 (0.1MPa) 以上とし 5 分経過後に初期水圧の 80% 以上を保持できれば合格とした。

### (b) 試験結果

接続拡径を行い布設後の継目試験結果を下図に示す。初期水圧 (0.1MPa 以上) に対して 5 分後の水圧は初期水圧の 80% 以上となっており、すべての継手で許容水圧を上回り、止水性能を十分に満足していた。

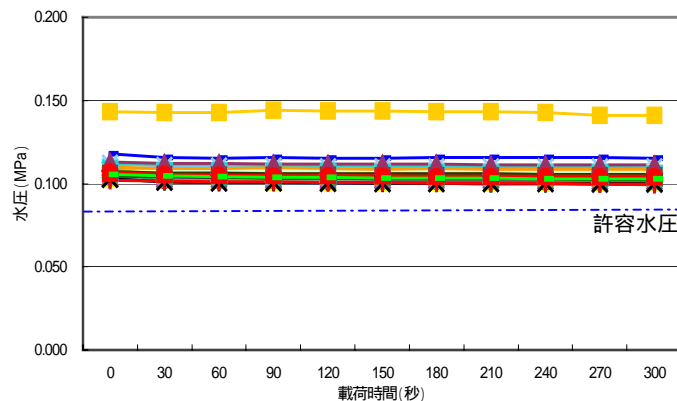


図 6 . 5 - 1 継目試験結果 (全継手箇所)

## 6.6 防食性能

### (a) 調査方法

調査は配管後と通水後の防食状態、構造物とのメタルタッチについて行った。

#### a) 配管後の防食状態の調査

- ・目視検査：埋戻し前に、全数目視で接続拡径部の内外面塗装・塗覆装の外観を検査した。
- ・導通検査：接続拡径部のボンド用鋼板取付け後、テスターを用いて内管と外管の導通性を検査した。
- ・ピンホール検査：接続拡径部の熱収縮シート施工後、内外面塗装・塗覆装のピンホールの有無につきホリデーディテクターを用いて検査した。検査電圧は下記とし、接続拡径部全数を検査した。

接続拡径部内面の液状エポキシ塗装 .....2,000 ~ 2,500V

接続拡径部外面の現地熱収縮シート .....10,000 ~ 12,000V

- ・熱収縮シートの密着性検査：接続拡径部の熱収縮シート施工後、ハンマーを用いて軽く打ち、密着性の良否を検査した。
- ・接続拡径部の内管内面塗膜厚測定：接続拡径部の内管内面の塗膜厚を電磁膜厚計にて、1継手当たり周方向の8箇所を測定した。

b) コンクリート貫通部の鉄筋と管とのメタルタッチの確認

配管埋戻し完了後、ターミナルA,Bを利用し、テスターにてAB間の抵抗を測定し、吐出槽コンクリート貫通部の鉄筋と管とのメタルタッチが無い（抵抗値 500 以上）ことを確認した。下図にターミナル設置及び測定機器配線例示図を示す。

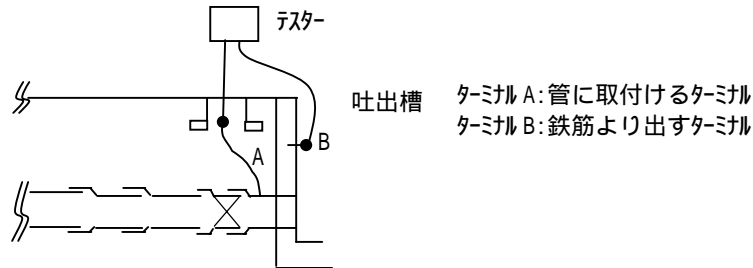


図 6 . 6 - 1 ターミナル設置及び測定機器配線例示図

c) 管対地電位の測定

配管埋戻し完了後、ターミナル A を利用し、飽和硫酸銅基準電極、高感度記録計 (EPR) を用い、管対地電位を測定した。下図に管対地電位測定要領図を示す。

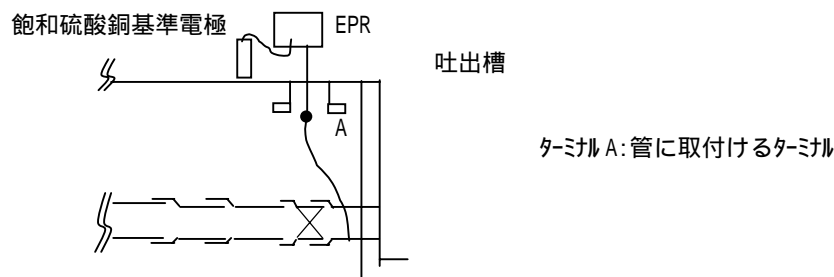


図 6 . 6 - 2 管対地測定要領図

d) 工事完了通水後の防食状態の調査

管路非通水時に、吐出槽および中間のT字管を利用し水中ポンプにて管内水を排水し、拡径式鋼管継手の内面塗装の外観目視調査を行った。

(b) 調査結果

a) 配管後の防食状態の調査

配管後の全継手について、目視・ピンホール・膜厚の調査を行い、内面エポキシ樹脂塗装及び外面ジョイントコートに問題ないことを確認した。配管後の防食状態の調査結果を下表に示す。

表 6 . 6 - 1 調査結果

項目	調査結果
目視検査	良好
導通検査	良好
ピンホール検査	良好
密着性検査	良好
内面膜厚測定	異常なし

b) コンクリート貫通部の鉄筋と管とのメタルタッチの確認

配管埋め戻し完了後、テスターにて鉄筋と管との抵抗を測定した結果、抵抗値は 2.7M を示した。抵抗値は、判定基準 500 以上を満足し、鉄筋とのメタルタッチがないことを確認した。

c) 管対地電位の測定

配管埋め戻し完了後、管対地電位を測定した結果、管の電位は -660 ~ -670mV であるのに対し、鉄筋の電位は -220mV を示したことから、鉄筋とのメタルタッチがないことを確認した。

d) 工事完了通水後の防食状態の調査

通水後半年以上経過した非かんがい期に、吐出槽および中間の T 字管を利用し水中ポンプにて管内水を排水して、管内面塗装の外観目視調査を行った結果、管体部及び拡径継手部の内面塗膜は、さびの発生、塗膜の剥れ、クラック等の割れ、塗膜の膨れは全く見られず、非常に良好な状態であった。

6.7 水理性能

(a) 試験方法

昭和開水路併設の拡径継手鋼管路に、下図に示すような合計 5 箇所（小孔）の圧力タップ（小孔）を設け、導圧管（15A の鋼管）にて、地上のバルブボックス内の止水バルブまで施工してある。試験は、非かんがい期のうち一定の流速（1 m / s 程度）が確保できる時期（12 月 1 日の流量変更後）に実施した。開水路の水を管内に導入し、その場合の管内平均流速（仮設超音波流量計による）、各圧力タップ間の圧力損失水頭、水温を計測し、拡径式鋼管継手構造の水理性能を確認した。  
(再掘削)

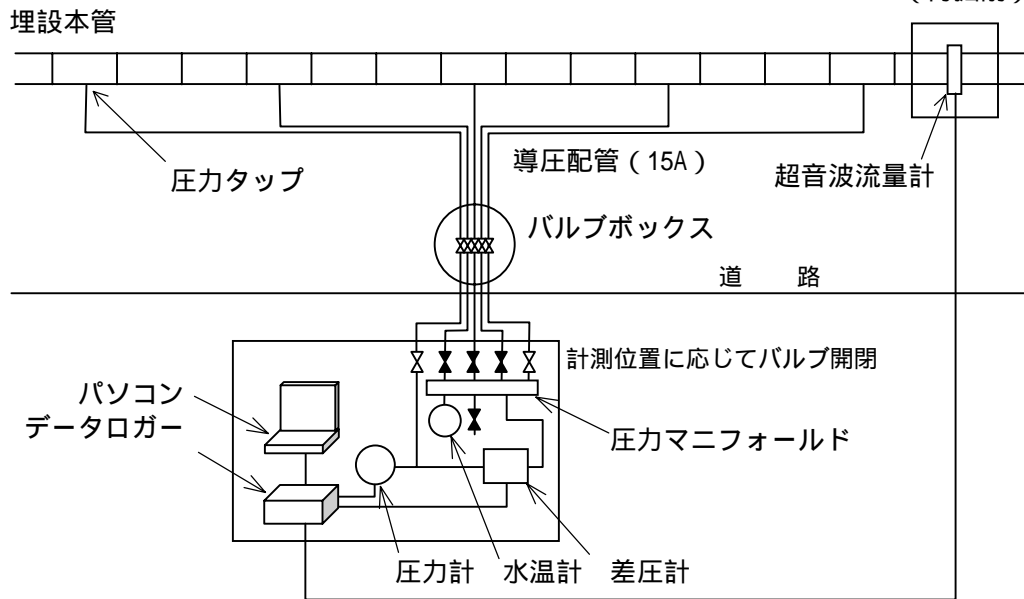


図 6 . 7 - 1 水理試験概要

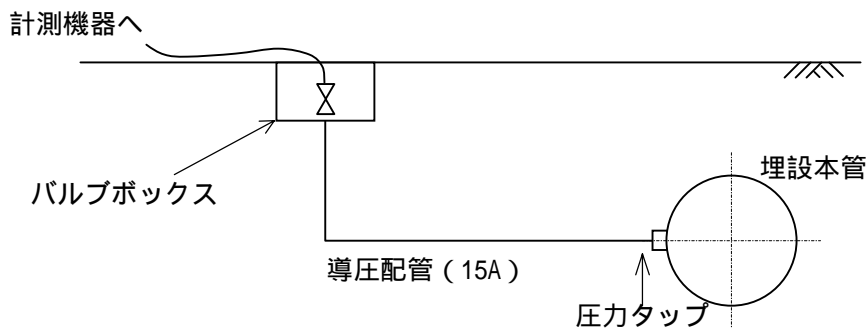


図 6 . 7 - 2 導圧管設置状況

(b) 試験結果

実験流速は供用流量の 1.3m/sec と調整流量の 1.1m/sec の 2 ケースとした。実測値より動水勾配を求めると、図 6 . 7 - 3 の通り  $I=0.00083$  ( $V=1.3\text{m/sec}$ ),  $0.00060$  ( $V=1.1\text{m/sec}$ ) となり、流速係数  $C$  値を逆算すると、それぞれ  $C=150, 154$  となる。図 6 . 7 - 4 は、この結果を Moody 線図に示したものであるが、本供試ラインは、ほぼ Nikuradse の式に近く、“水理学的になめらかな管”に近い状態であると言える。

水理計算では、流速係数 ( $C$  値) として、すくなくとも溶接鋼管の設計値を用いれば安全側の水理設計が可能であると考えられる。

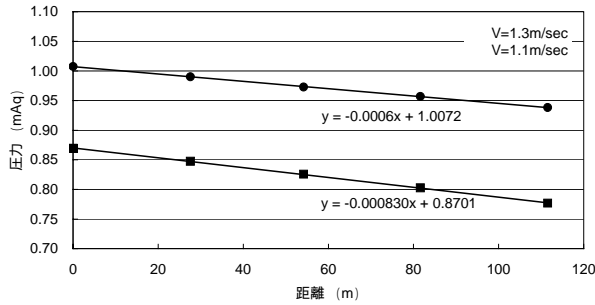


図 6 . 7 - 3 動水勾配

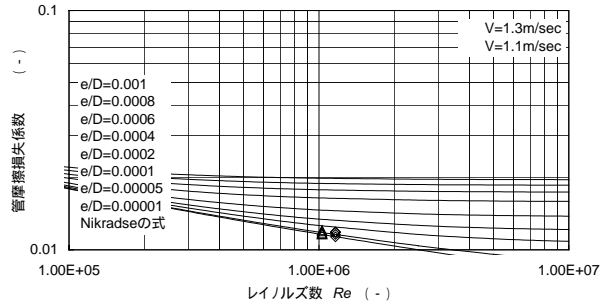


図 6 . 7 - 4 管摩擦係数測定結果

## 7. 実証試験写真



### 【1】接続拡径作業準備

拡径装置の接続拡径シュー周囲の清掃。  
拡径装置は既設管に吊り込み済み。  
(拡径鋼管 STW400 1200A×6t)  
接続拡径シューは1/2分割



### 【2】接続拡径作業準備完了

磨き上げられた接続拡径シュー。  
手前のソング・ロッドはエア・式ストップ



### 【3】接続拡径作業開始

工場にてソケット拡径処理済み鋼管を  
クレーンにて吊込み。



### 【4】拡径鋼管を既設拡径鋼管の延長上に設置

基盤にあわせ、起伏や斜度調整の為、  
チェーンブロックを使用し作業。



- 【5】既設拡径鋼管の延長に設置完了**  
吊り込みの鋼管をほぼ中心にセット完了。  
(ソケット拡径鋼管内より撮影)



- 【6】拡径鋼管の接続作業**  
拡径鋼管をクレーンと人力により既設鋼管に挿し込む。



- 【7】拡径鋼管接続状態のチェック**  
予め拡径鋼管に付けられた印により、  
上下左右の調整を行う。  
(左がソケット口、右がストレート口)



- 【8】拡径鋼管の接続作業**  
接続の微調整は全てチェーンブロックと  
人力にて実施。



- 【 9 】 拡径鋼管の固定完了**  
固定された拡径鋼管内部。



- 【 10 】 接続拡径作業開始準備**  
拡径装置操作員がソケット管内に入り動力ケーブルとリモコンを設置する。



- 【 11 】 拡径作業前の鋼管接続部外径計測**  
拡径の進捗状況確認の為、巻尺にて拡径前の管接合部を計測。



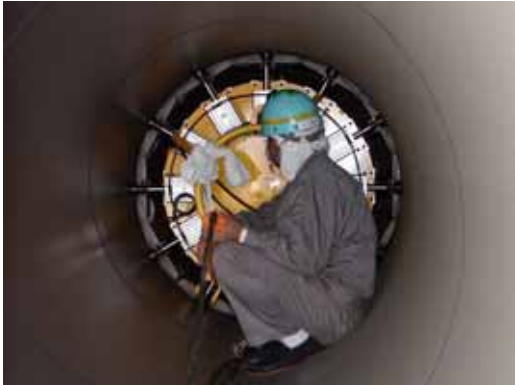
- 【 12 】 接続拡径作業開始**  
接続拡径はリモコンにて管内操作員が行う。  
外面からの作業指揮者の合図にて開始。





### 【13】 拡径作業進捗確認

拡径部分の管外径を2名で計測する。  
接続拡径に要する時間はほぼ3分。



### 【14】 拡径作業終了

ソケット管内部からリモコン操作により  
拡径力を下げ拡径作業完了。

### 拡径式鋼管の作業全景

