

## 第3回 単独管 内外圧試験および 基礎物性試験（前編）

官民連携新技術研究開発事業実施報告の第3回として、単独管内外圧分会が実施した「単独管 内外圧試験および基礎物性試験」を掲載する。報告内容は、1. 分会の目的、2. 試験に用いる試験体、3. 試験項目および目的、4. 内水圧試験、5. 継手曲げ試験、6. 基礎物性評価試験で、本号では前編として5までを掲載し、次号で6を掲載する。なお、官民連携新技術研究開発事業の概要、内容、枠組み等については、26号21ページを参照願いたい。

### 1. 分会の目的

単独管更生工法において農業用パイプラインの性能を確保するために保有すべき材料・工法の性能と照査可能な性能項目を規定するための標準評価試験方法および水密性の評価手法の確立と継手部における変形性能の把握、検討を行う。

### 2. 試験に用いる試験体

試験に用いる単独管更生管の試験体（厚み）は外径300mmとし、「土地改良事業計画設計基準 設計『パイプライン』基準書 技術書 平成10年3月」におけるとう性管の管厚算定式を用いて算出する。設計条件は表1に示す。なお設計水圧は各材料の申告値とする。

表1の設計条件から算出された更生管厚みを表2に示す。なお、本研究開発で用いる単独管工法は7工法、13材料で、各評価試験を実施した。

表1 更生管厚みの設計条件

土被り	2.0m
土の単位体積重量	18KN/m <sup>3</sup>
鉛直土圧算出式	垂直土圧公式
活荷重の設定	T-25
道路の状態	舗装道路
その他上載荷重	0 KN/m <sup>2</sup>
基礎材の反力係数 (e')	4000KN/m <sup>2</sup>
支承条件	自由支承
基礎の設計支持角	120deg
基礎材の締め固め程度	締め固め I
締め固め度による補正係数	1.0
基礎材の締め固め度	90%
変形遅れ係数	1.0
変形遅れ係数（活荷重）	1.0
設計たわみ率	3%
設計水圧（静水圧 + 水撃圧）	申告値

### 3. 試験項目および目的

(1) 内水圧試験 : 単独管における水密性の考え方および標準試験方法の確立

(2) 継手曲げ試験 : 既設管継手部における更生管の変形性能の把握および単独管における継手変形性能の標準試験方法の確立

(3) 基礎物性評価試験: 単独管工法の設計・品質管理に必要な標準評価項目と試験方法を確立

表2 更生工法概要と設計水圧と更生管試験厚み

材料工法名	挿入方法	硬化方法	材料種類	設計水圧 (MPa)	更生管呼び厚 (mm)
A	反転	蒸気	熱硬化・非ガラス	0.1	6.75
B	反転	蒸気	熱硬化・ガラス	0.5	4.5
C	反転	蒸気	熱硬化・ガラス	1.0	4.0
D	反転	温水	熱硬化・非ガラス	0.4	9.0
E	反転	温水	熱硬化・ガラス	1.0	7.0
F	反転	蒸気	熱硬化・ガラス	0.5	4.5
G	反転	蒸気	熱硬化・ガラス	1.0	4.0
H	反転	蒸気	熱硬化・非ガラス	0.1	7.0
I	形成	温水	熱硬化・ガラス	0.5	8.0
J	反転	温水	熱硬化・ガラス	0.3	7.0
K	反転	温水	熱硬化・ガラス	1.0	11.0
L	形成	光	熱硬化・ガラス	0.5	7.0
M	形成	蒸気	熱可塑・ポリエチ	0.5	16.0

#### 4. 内水圧試験

##### (1) 試験目的

単独管における水密性の標準試験方法の確立および漏水（破壊圧力または最大圧力）が確認された時点の内水圧から設計時に用いる許容引張応力度の決定（安全率）へ結びつける。

##### (2) 試験概要

###### 1) 内水圧試験

外径300mmの更生管の試験体を作成し、両端に試験治具（フランジ付き短管）を装着、内面は管端処理を施し、両端を板フランジで閉塞する。

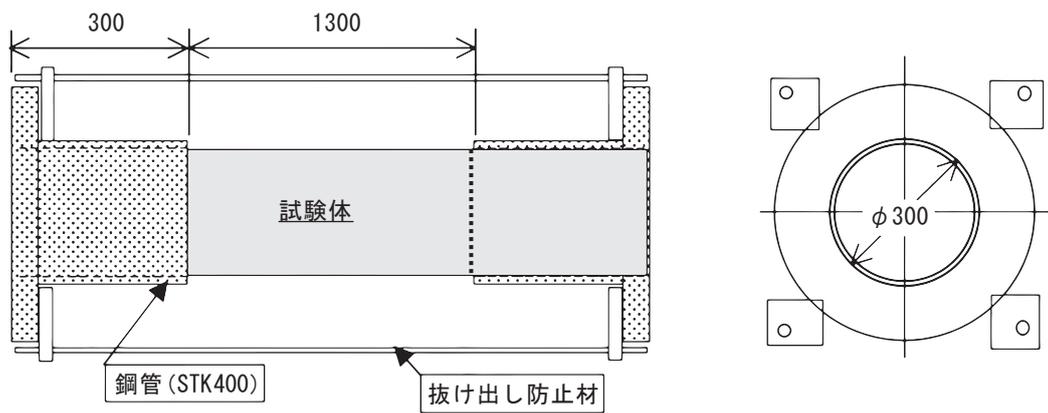
更生管内に各材料の申告した設計水圧の2倍の内水圧を作用させ、3分間保持し漏水が発生しないことを確認する。

その後、漏水が確認されるまで内水圧を徐々に加圧させる。

更生管露出部の長さについては、「JIS K 7013 繊維強化プラスチック管」の短期間静水圧試験の試験片寸法（D + 1000mm以上）を用いた。

内水圧試験に用いる試験体概要図を図1に内水圧試験体を写真1に示す。

また内水圧試験の試験体設置状況を写真2、結果を表3、試験状況写真を写真3、ひずみ・圧力と時間の関係（周方向ひずみ）を図2、圧力とひずみの関係（周方向ひずみ）を図3、ひずみ・圧力と時間の関係（軸方向ひずみ）を図4、圧力とひずみの関係（軸方向ひずみ）を図5に示す。



※内水圧作用時のスラストを防止するため、ロッドを設ける。

図1 試験体概要図



写真1 内水圧試験体

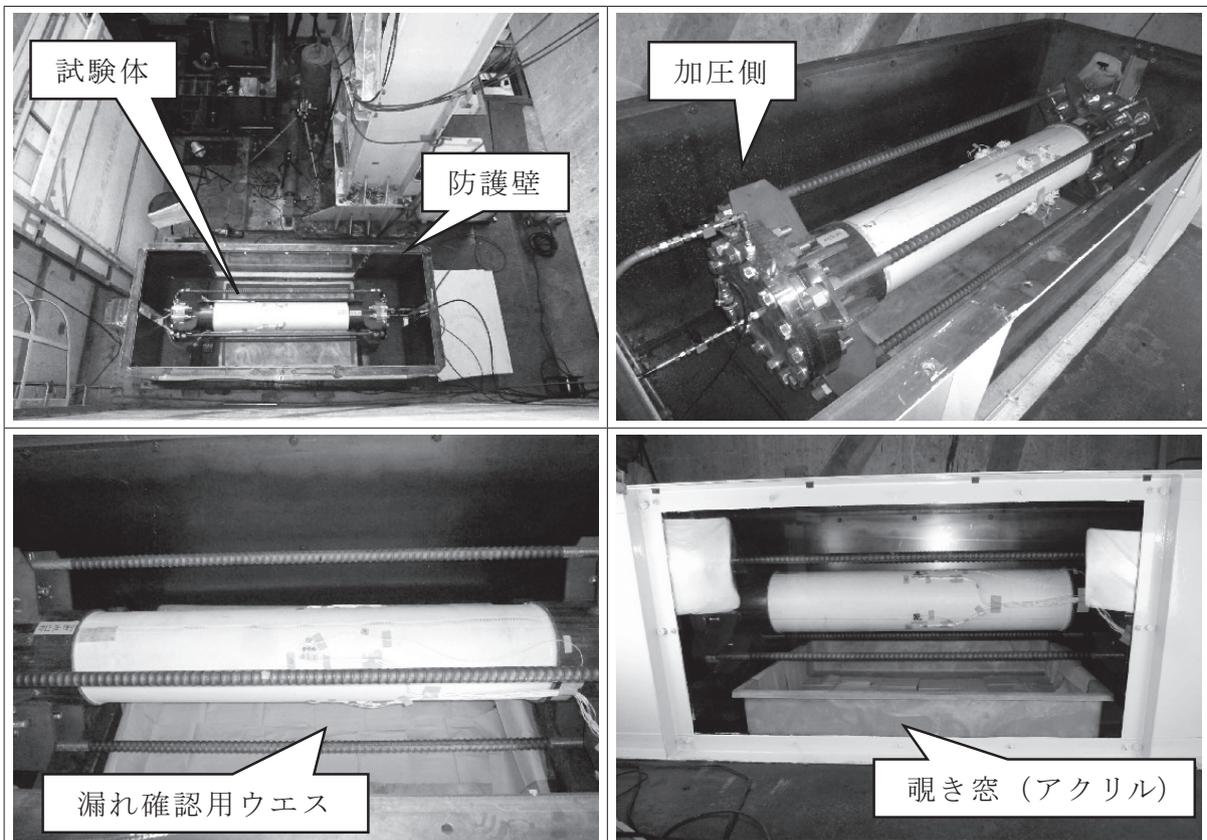


写真2 内水圧試験体設置状況

## (3) 試験結果

表3 内水圧試験結果

材料工法名	設計水圧 (MPa)	試験体 NO.	漏水無し (設計水圧×2)	最大圧力 (MPa)	破壊圧力 (MPa)	破壊圧力 /設計水圧
A	0.1	①	○	1.212	1.212	12.1
		②	○	1.188	1.188	11.9
		③	○	1.201	1.178	11.8
B	0.5	①	○	5.144	5.144	10.3
		②	○	5.485	5.466	11.0
		③	○	5.625	5.625	11.3
C	1.0	①	○	5.163	5.138	5.2
		②	○	5.138	5.138	5.1
		③	○	4.987	4.987	5.0
D	0.4	①	○	1.866	1.866	4.7
		②	○	1.432	1.432	3.6
		③	○	1.648	1.648	4.1
E	1.0	①	○	3.620	3.620	3.6
		②	○	3.616	3.616	3.6
		③	○	3.462	3.462	3.5
F	0.5	①	○	4.294	4.294	8.6
		②	○	4.600	4.600	9.2
		③	○	4.663	4.663	9.3
G	1.0	①	○	5.668	5.668	5.7
		②	○	5.184	5.184	5.2
		③	○	5.013	5.013	5.0
H	0.1	①	○	1.177	1.177	11.8
		②	○	1.142	1.132	11.3
		③	○	1.192	1.192	11.9
I	0.5	①	○	2.987	2.925	5.9
		②	○	2.946	2.815	5.6
		③	○	2.774	2.768	5.5
J	0.3	①	○	3.162	3.082	9.7 (注①)
		②	○	2.864	2.874	8.6 (注①)
		③	○	3.215	3.215	7.4 (注①)
K	1.0	①	○	3.853	3.853	3.9
		②	○	3.312	3.312	3.3
		③	○	4.260	4.260	4.3
L	0.5	①	○	4.948	4.876	9.8
		②	○	4.599	4.566	9.1
		③	○	4.990	4.990	10.0
M	0.5	①	○	2.026	—	4.1
		②	○	2.039	—	4.1
		③	○	2.025	—	4.1

※ 注①：3体はリーク圧力/設計水圧

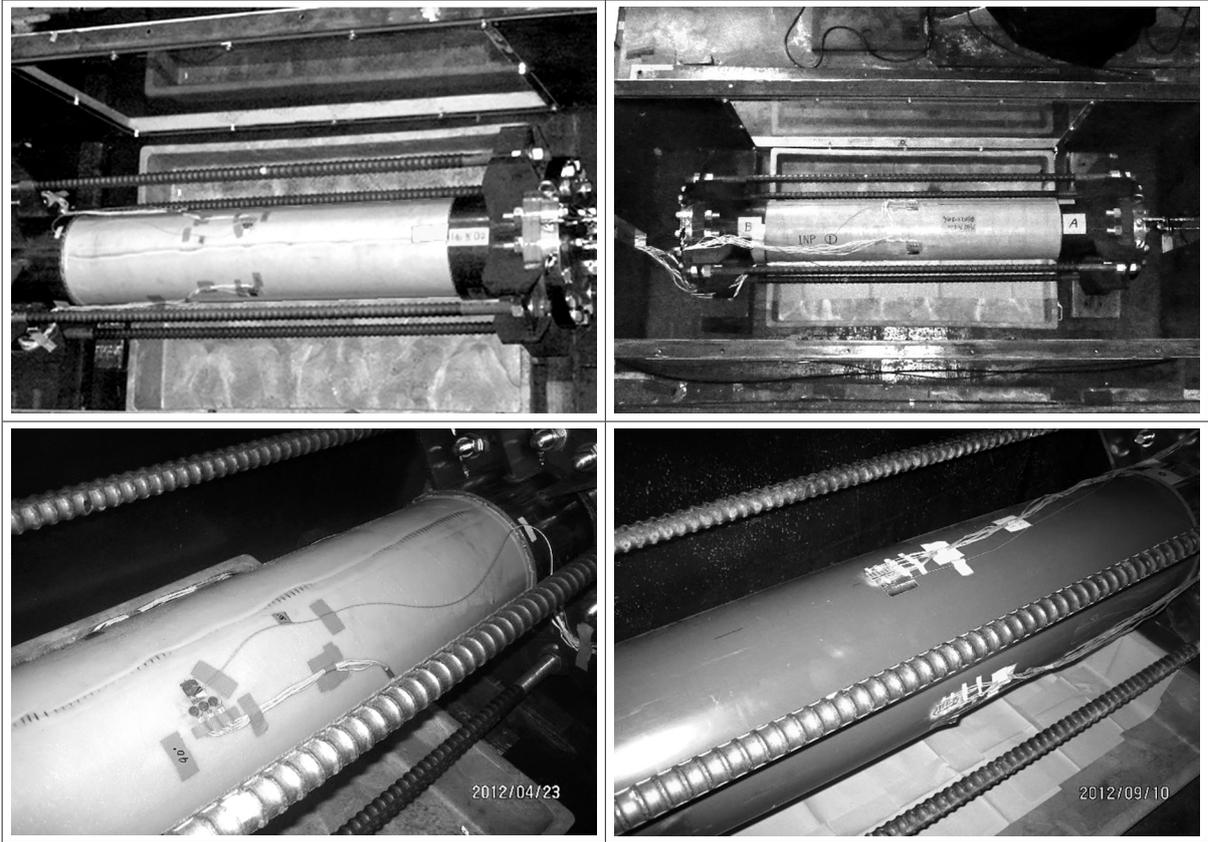


写真3 内水圧試験状況

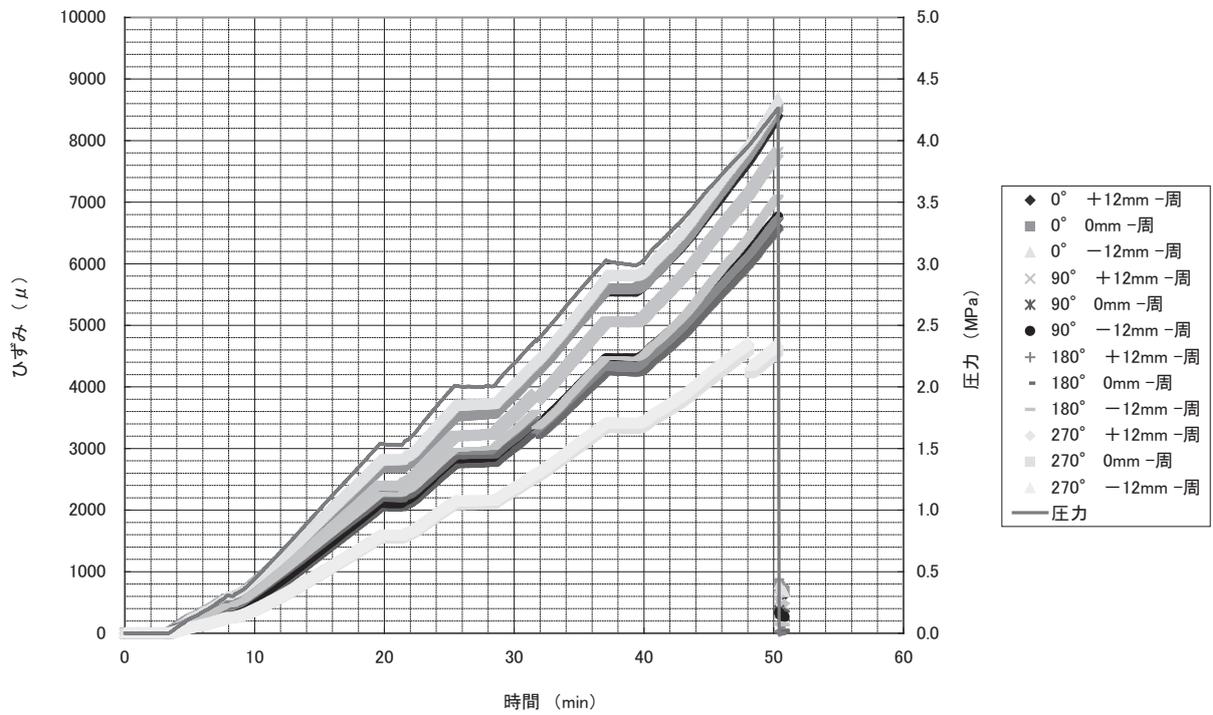


図2 ひずみ・圧力と時間の関係（周方向ひずみ）【代表例：K工法】

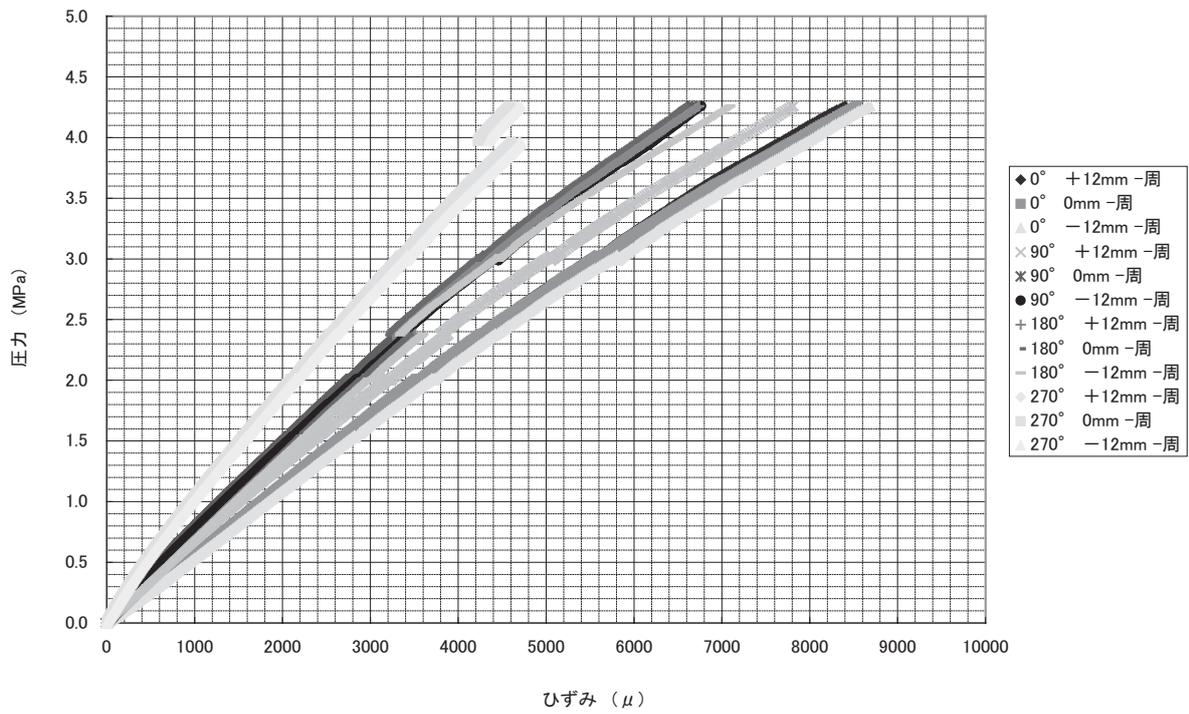


図3 圧力とひずみの関係（周方向ひずみ）【代表例：K工法】

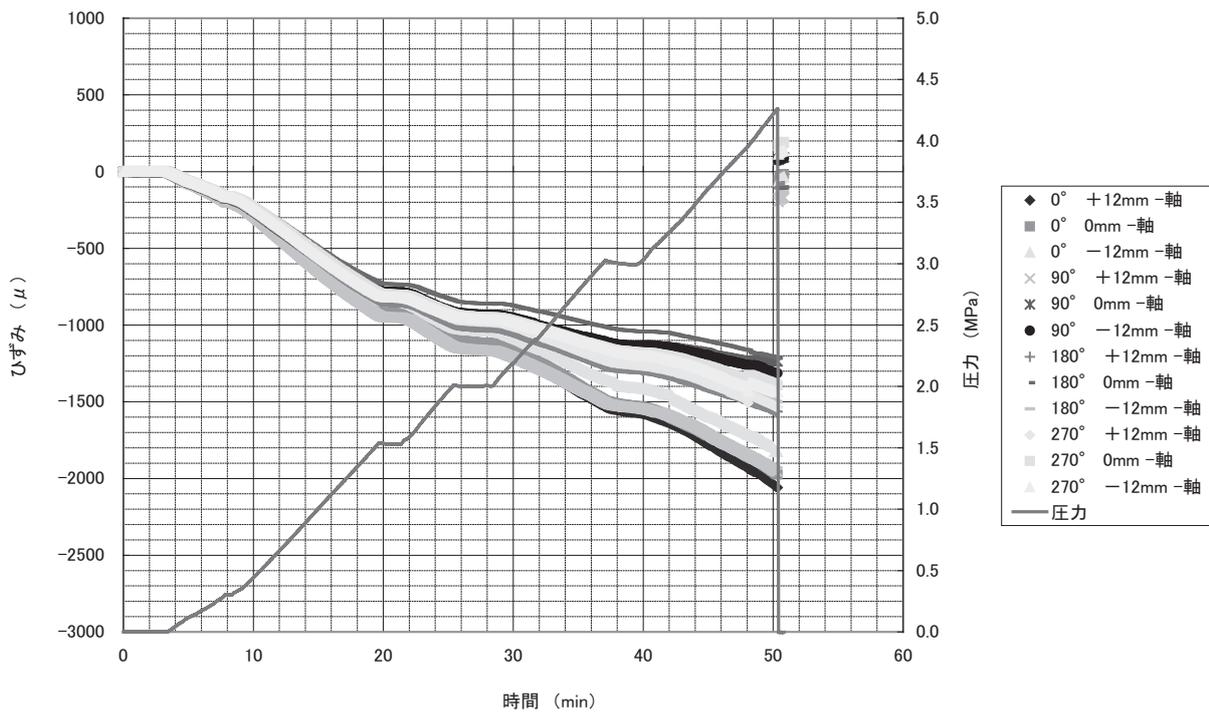


図4 ひずみ・圧力と時間の関係（軸方向ひずみ）【代表例：K工法】

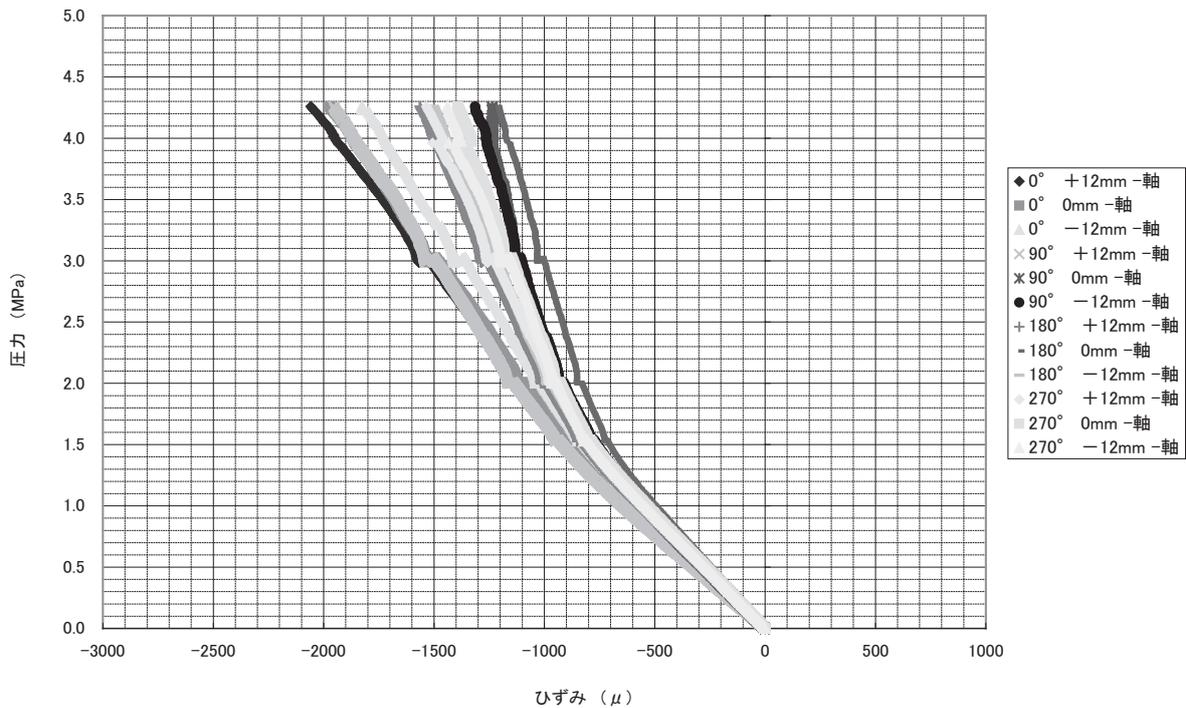


図5 圧力とひずみの関係（軸方向ひずみ）【代表例：K工法】

#### (4) まとめ

##### 1) 材料諸元、設計照査への反映方法の決定について

①すべての更生管が申告した設計内圧の3倍を超える内水圧に耐えた試験結果から設計に用いる許容引張応力度は短期引張強度（規格値）の1/3（安全率）の妥当性を確認した。

##### 2) 水密性の考え方及び標準試験方法の確立について

①設計水圧の2倍程度の作用する内水圧において漏水がないこと。

②更生管露出部を口径+1000mm以上とし申告した設計水圧の2倍の内水圧を3分間作用させ漏水が無いことを確認することを標準試験方法とする。

### 5. 継手曲げ試験

#### (1) 試験目的

更生管構築後外側には老朽した既設管が存在しており更生管には既設管継手部での変形性能が要求される。そのため継手曲げ試験により、既設管継手部における更生管の変形性能の把握および単独管における継手変形性能の標準試験方法の確立を行う。

#### (2) 試験概要

##### 1) 継手曲げ試験

外径300mmの更生管を作成、変形試験装置に装着し、0.1MPaの内水圧を掛けながら横方向へ変位させ漏水が発生しないことを確認する。

曲げ角度は、φ300mm硬質塩化ビニル管の使用限界角度2°00'と土地改良事業計画設計基準及び運用・解説設計『パイプライン』内の継手構造管路（FRPM管）の照査結果の例「継手屈曲角度 地震時（参考）接合時の許容曲げ角度 2°30'」より目標とする曲げ角度を2°30'とした。

試験条件および測定条件を表4に示す。

また更生管変形試験装置の写真を写真4、試験用配管の写真を写真5、変位計設置状況の写真を写真6、試験状況の写真を写真7、写真8に、変位の概要を図6、内圧と角度の関係を図7、変位と角度の関係を図8に、試験の結果を表5に示す。

表4 試験条件および測定条件

項 目		条 件
試験条件	最大曲げ角度	2°30'
	曲げ角度測定位置	配管頂部
	曲げ速度 (ジャッキ変位速度)	10mm/min
	作用内圧	0.1MPa
	内部圧力媒体	水
	環境温度	23 ± 1 °C
	試験時内部圧力媒体供給	有
測定条件	測定項目 (径時同時測定)	①内部圧力および圧力媒体漏洩有無 ②ジャッキ変位量 ③曲げ角度
	測定方法	データロガーおよび外観目視検査
	サンプリング間隔 (データロガー)	1.0sec

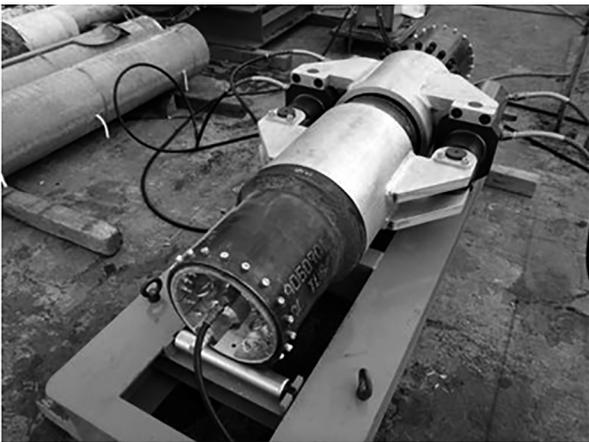


写真4 更生管変形試験装置



写真5 試験用配管

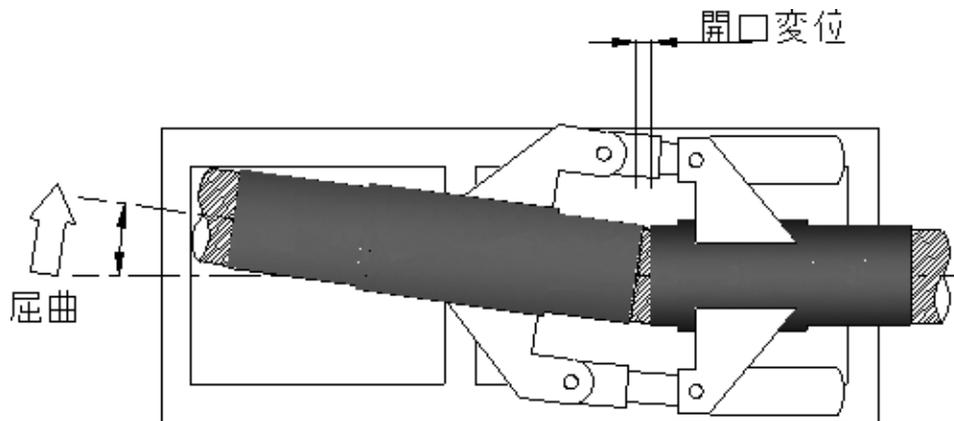


図6 試験装置変位概要 (平面図)

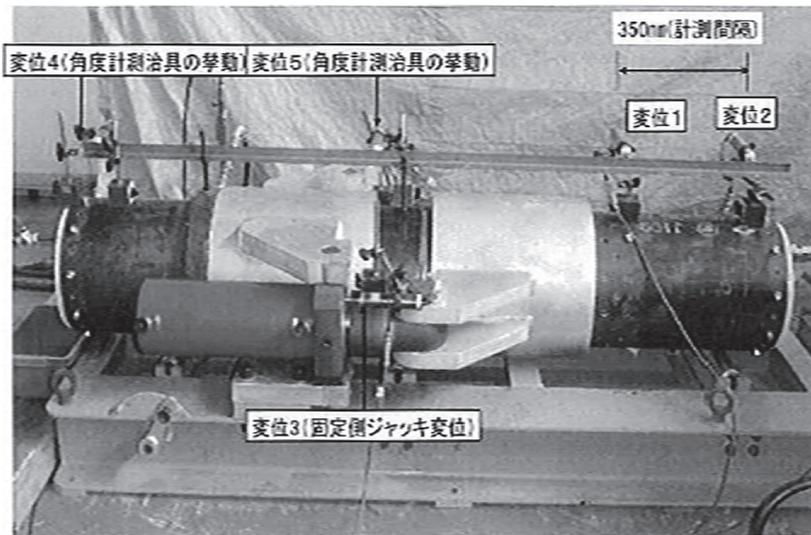


写真6 変位計設置状況

• 角度算出方法

① 差分 = (変位 2 ・ 変位 1) / 350

② 角度 = ATAN (差分)

• 荷重 (参考値) 算出方法

荷重 = (ジャッキ受圧面積 × 圧力) / 10

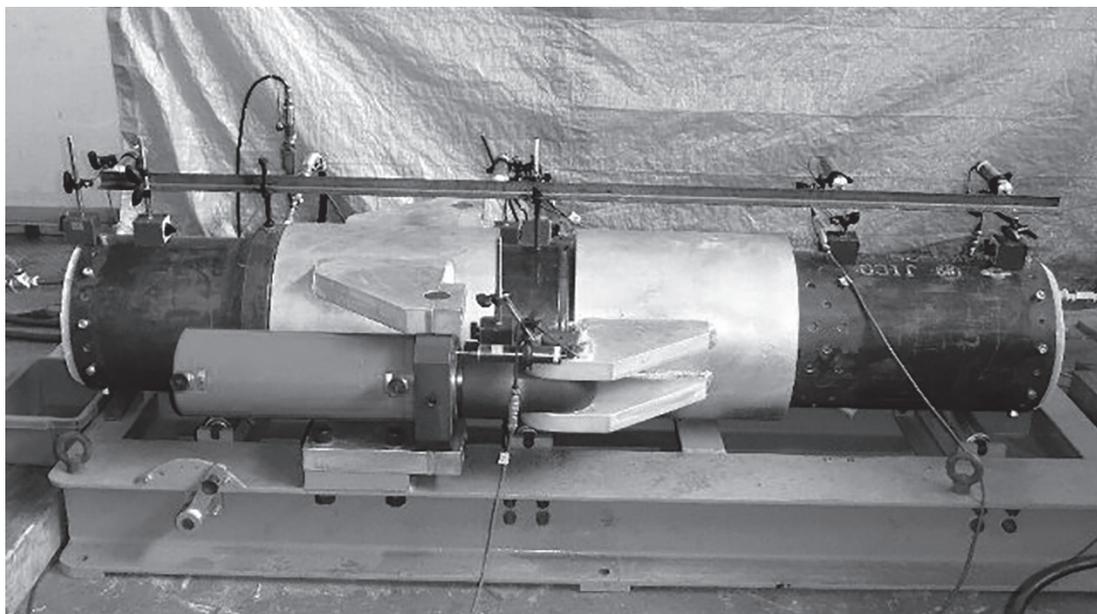


写真7 継手曲げ試験状況

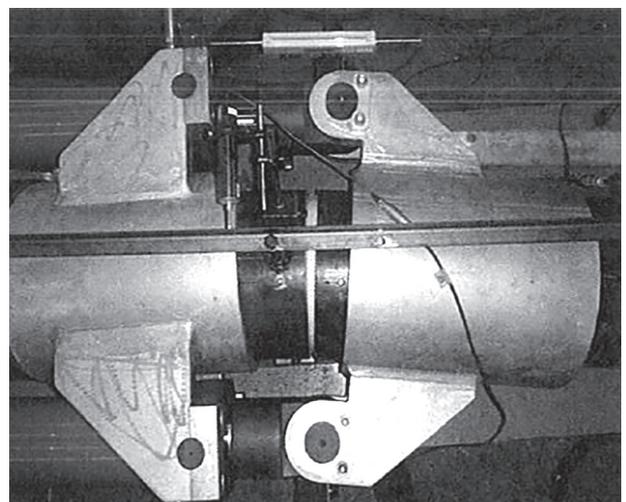
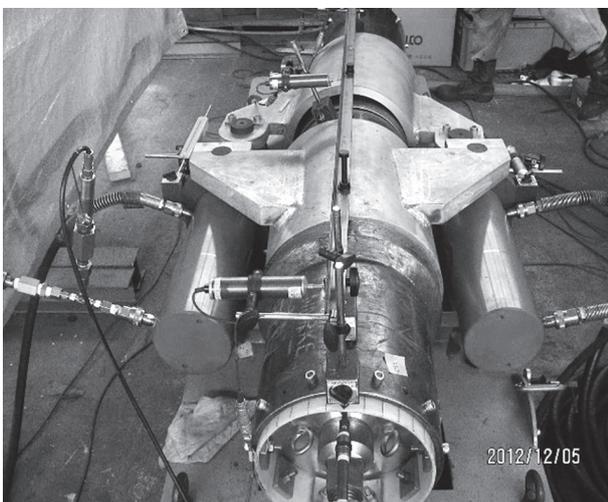


写真8 継手曲げ試験状況

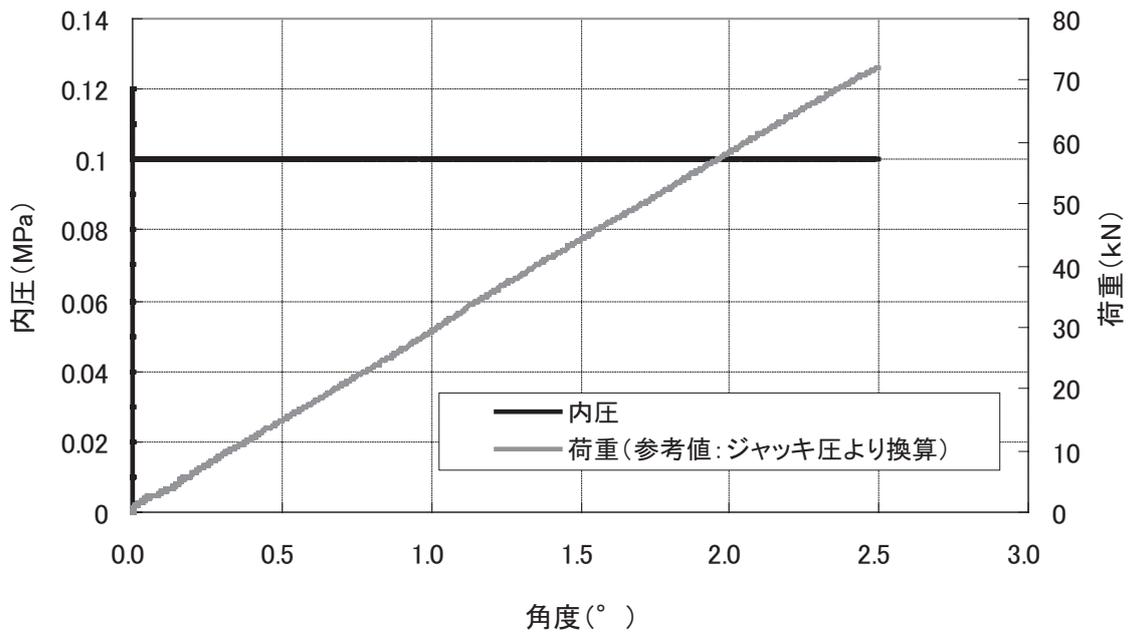


図7 内圧と角度の関係【代表例：H工法】

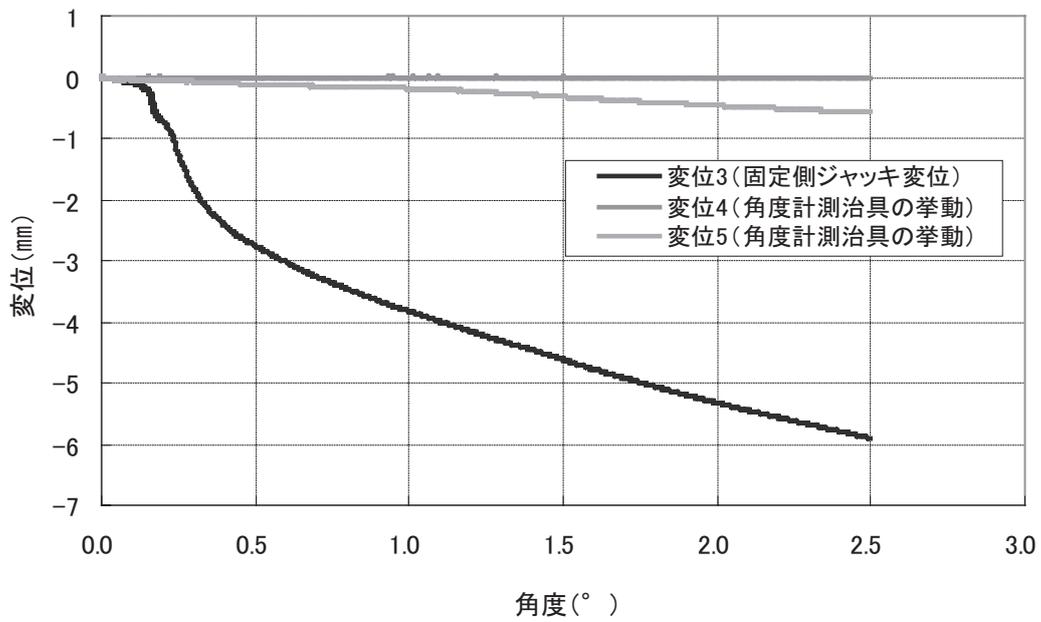


図8 変位と角度の関係【代表例：H工法】

### (3) 試験結果

表5 継手曲げ試験結果

材料工法名	曲げ角度 (2°30')	漏水無し (水圧0.1MPa)	【参考値】 最大曲げ荷重 (kN)	材料種類
A	○	○	33.9	非ガラス
B	○	○	25.1	ガラス
C	○	○	105.4	ガラス
D	○	○	25.8	非ガラス
E	○	○	72.1	ガラス
F	○	○	104.5	ガラス
G	○	○	26.8	ガラス
H	○	○	18.0	非ガラス
I	○	○	68.3	ガラス
J	○	○	80.6	ガラス
K	○	○	42.1	ガラス
L	○	○	97.3	ガラス
M	○	○	18.0	ポリエチ

### (4) まとめ

#### 1) 継手変形性能の考え方及び標準試験方法の確立について

- ①既設管に構築された更生管は水密性を保ちながら地盤変状に追従できる性能を有すること。
- ②単独管における更生管の変形性能評価において最小限の必要性能として0.1MPaの内水圧を作用しながら曲げ角度2°30'まで変形させ漏水が無いことを確認する継手曲げ試験を提案する。
- ③今後においては、更生管の材料構成（補強材料有無・熱可塑性材など）に適した許容曲げ角度の設定検討が必要と思われる。

#### 【次回予定】

今回は、「単独管 内外圧試験および基礎物性試験（後編）」として、基礎物性評価試験を掲載する予定。