

可とう性継手による曲げ配管工法の研究開発

1. 工法の概要

継手構造パイプラインの屈曲部には、原則としてその角度に応じた曲管を使用することとされています。しかしながら曲管は高価で、施工も煩雑であることから、多くの変曲点が存在する路線などでは建設コストが大きくなります。

FRPM 管の継手は、内圧作用時の不平均力や地盤変動にも追従する十分な水密性能を有しております、その伸縮可とう性を活用した曲げ配管工法を開発しました。

本工法を適用して曲管を省略することにより、大幅な管路コストの縮減が実現できます。

2. 工法の特長

(1) 管路コスト縮減

屈曲角度の小さい曲管を省略して、管路コストを縮減することができます。

(2) 施工性の向上

曲管を配置する場合に比べ、施工性が大幅に向上します。

(3) 設計の自由度拡大

河川や既設水路の湾曲に沿った配管計画が可能になり、設計の自由度が向上します。設計段階から曲げ配管で計画することにより、用地の節約等にもつながります。

(4) 内圧への安全性

内圧による不平均力を、曲げ配管区間の広い範囲に均等に分散して支持します。その結果、曲管のようなスラスト防護工が不要となり、地震発生時にも周辺地盤との位相差が生じにくい工法です。

3. 研究開発期間

平成 15 年度 ~ 平成 17 年度

4. 研究開発体制

新技術研究開発組合

株式会社クボタ、栗本化成工業株式会社、積水化学工業株式会社

日本ホーバス株式会社、内外エンジニアリング株式会社

(独)農研機構 農村工学研究所 施設資源部土質研究室

5. 従来技術とのコスト比較

水平方向の屈曲点を対象として、従来工法と曲げ配管工法とで管路コストの比較を行いました。下記の条件を設定し、管材費と布設費とを考えて比較した結果を表1に示します。

(1) 屈曲部の条件：

従来工法ではIP点にFRPM曲管を用い、防護コンクリートを設ける。

曲げ配管工法では、直管継手を設計曲げ角度以内で均等に屈曲させる。

(2) 対象区間の管路長：

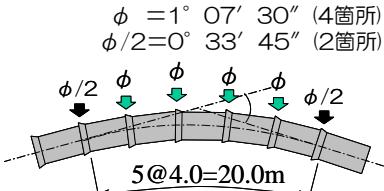
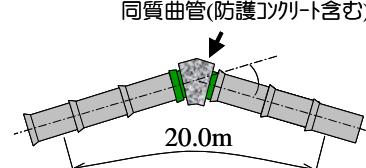
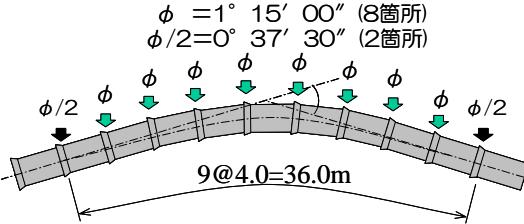
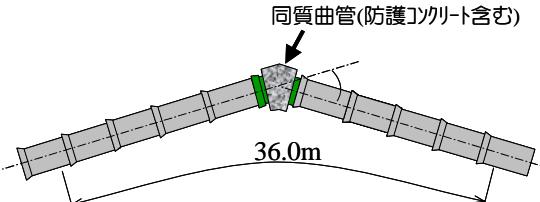
曲げ配管工法に必要な長さを求め、同一長さの従来工法区間と比較する。

(3) 管の呼び径 : 2000

(4) 屈曲点の曲げ角度 IA : 5-5/8度、11-1/4度 の2通り。

(5) 曲げ配管の管長 : 4.0 m/本

表1 従来技術とのコスト比較

呼び径	屈曲角度	曲げ配管工法	従来工法 (FRPM曲管+防護コンクリート)
2000	5° 5/8	$\phi = 1^\circ 07' 30''$ (4箇所) $\phi/2 = 0^\circ 33' 45''$ (2箇所)  328.0 万円／20m (75)	 439.3 万円／20m (100)
	11° 1/4	$\phi = 1^\circ 15' 00''$ (8箇所) $\phi/2 = 0^\circ 37' 30''$ (2箇所)  590.4 万円／36m (84)	 700.8 万円／36m (100)

注1) ()内の数字は、従来工法の金額を100とした時の従来工法と曲げ配管工法の金額の比率を示す。
従来工法には防護コンクリート費用を含む。

注2) 管材料費は建設物価(2006.5)ベースとする。

注3) 布設費は平成17年度土地改良工事積算基準(土木工事)に従い、労務単価は建設物価(2006.2)による。

注4) 従来工法の対象区間の両端部で乱尺寸法となる管のコストについては、単位長さあたりのFRPM管材費・布設費に管長を乗じて求めた。

屈曲角度が小さいほど曲げ配管の必要本数が少なくなるので、従来工法では同一長さあたりに占める曲管の価格割合が増大し、コスト縮減効果は大きくなります。

また管路全体としての縮減コストは、本工法で置き換えた箇所の合計になるので、屈曲部の多い路線ほど効果が大きくなります。

6. 曲げ配管の考え方

6-1 設計曲げ角度

可とう性を有するFRPM管継手の屈曲可能な曲げ角度は、図1に示すように継手の最大屈曲状態をもとに、その約1/2を許容曲げ角度(θ_a)、許容曲げ角度のさらに1/2を設計曲げ角度(θ_d)としています。

曲げ配管は、この設計曲げ角度(θ_d)の範囲内で行います。

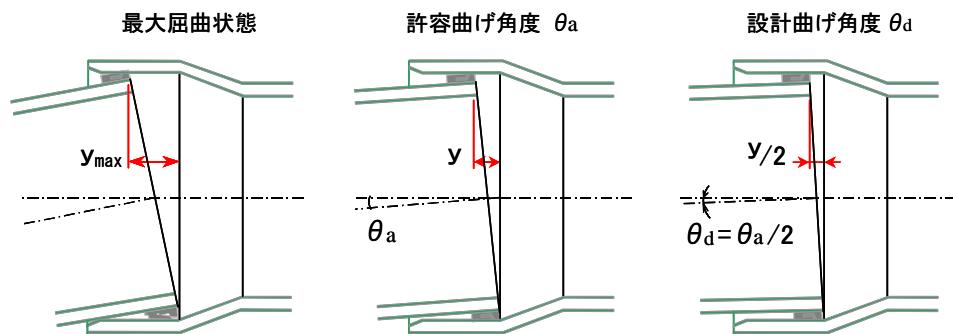


図1 継手の屈曲状態

呼び径ごとの曲げ角度を表2に示します。

表2 呼び径ごとの曲げ角度

呼び径	許容曲げ角度 θ_a	設計曲げ角度 θ_d
200, 250	6°00'	3°00'
300	5°00'	2°30'
350, 400	4°30'	2°15'
450~800	4°00'	2°00'
900, 1000	3°30'	1°45'
1100	3°00'	1°30'
1200	2°50'	1°25'
1350	2°40'	1°20'
1500 ~3000	2°30'	1°15'

6-2 配管計画

①線形計画から次の計算条件を決定し、布設区間の円弧を設定します。(図2)。
管路の曲線半径 (R)、交角 (θ)

②必要本数 (n) の計算

与えられた円弧に内接するよう、BC 点～EC 点間に均等な長さ (L) の管を配置します。
管長 L の管中心線を弦とみなせば、管 1 本の曲げ角度 ϕ は、下式で求められます。

$$\frac{L/2}{R} = \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \quad (L = L_1 = L_2 = L_3 = L_4)$$

定尺短管の本数 (n) は、

$$n = \frac{\theta}{\phi} \quad (\text{端数は切り上げる})$$

③継手 1 箇所ごとの曲げ角度

曲げ配管を行う継手は (n + 1) 箇所であり、継手 1 箇所ごとの曲げ角度 ϕ は θ / n で決定します。

なお、カーブ両端 (BC 点、EC 点) に位置する継手の曲げ角度は、直線部と曲線部が滑らかに接続されるよう、 $\phi/2$ とします。

6-3 曲率半径

曲げ配管を行うときの曲率半径 (R) は、設計曲げ角度 (θ) および管長 (L) によって異なります。管の長さを 4 m、3 m、2 m としたとき、呼び径ごとに適用できる曲率半径を表 3 に示します。

表 3 呼び径ごとの管長と曲率半径の関係 (m)

呼び径	4 m 管	3 m 管	2 m 管
200, 250	77	58	39
300	92	69	46
350, 400	102	77	51
450～800	115	86	58
900, 1000	131	99	66
1100	153	115	77
1200	162	121	81
1350	172	129	86
1500 ～ 3000	183	138	92

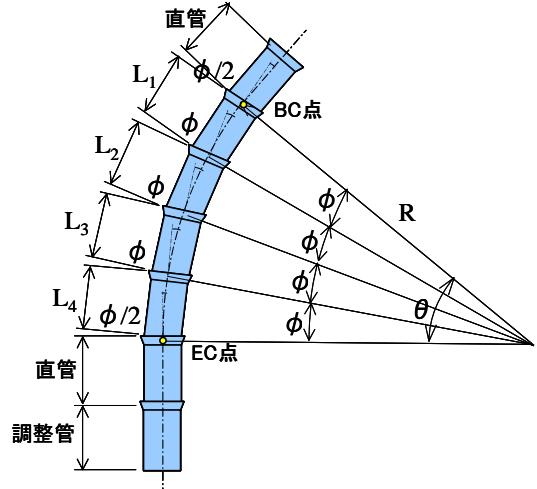


図2 水平曲線

6-4 不平均力に対する設計方法

曲げ配管部では、曲率の外側に向かって内圧による不平均力が作用します。模型管路実験¹⁾および数値解析²⁾により、曲管との比較や繰り返し内圧負荷の影響などを確認しました。

その結果、不平均力に対する管背部の抵抗力は曲線部全体に均等に作用することが明らかになりました。(図4～図6)

したがって曲げ配管部のスラスト力の検討は、図3に示すように継手1箇所ごとに曲管と同じ計算式を用いて行うものとします。

- 1) 毛利 他, 可とう性継手による曲線配管部の内圧負荷試験, 平成17年度農業土木学会大会講演会
- 2) 藤田 他, 曲線布設された継手管路の埋設実験と解析, 平成18年度農業土木学会大会講演会

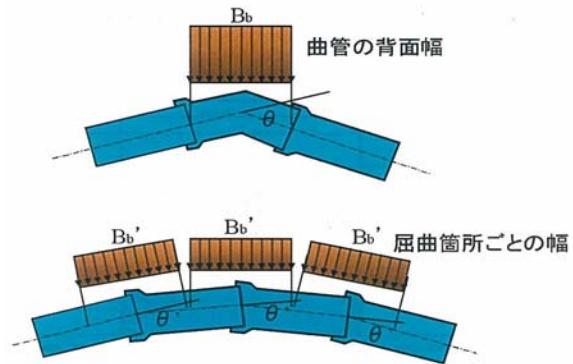


図3 スラスト力の検討



図4 模型管路の埋戻し状況

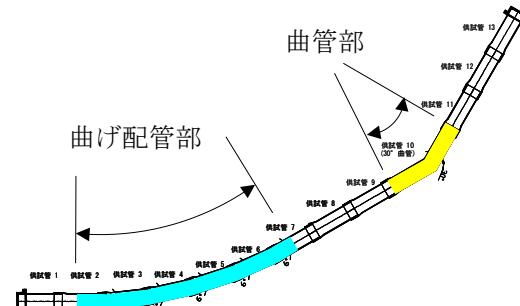


図5 模型管路平面図

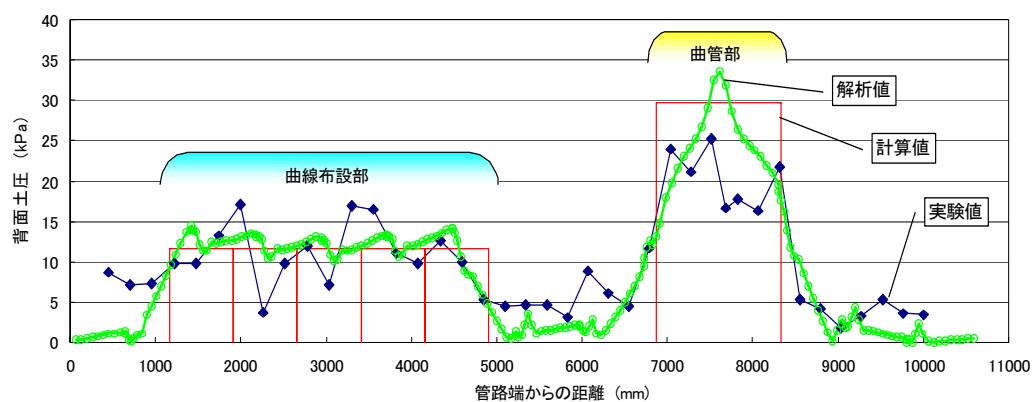


図6 不平均力に対する管背部の抵抗土圧分布

7. 曲げ配管の適用にあたっての留意点

7-1 施工管理

曲げ配管工法の施工管理は、直線配管を対象として定められた「土木工事施工管理基準」(平成 17 年 5 月) 農林水産省農村振興局整備部設計課 監修 を参考とし、継手の曲げ角度に応じてジョイント間隔の基準値を別途定めるものとします。

(1) 曲げ配管工法の標準値(案)

「土木工事施工管理基準」では直線配管を前提とし、標準値は 0 とされています。これに對して曲げ配管を行う継手は図 7 に示すとおり初期の屈曲角度に応じて斜めに伸び出した状態となり、特に大口径では上下左右 4 箇所を平均すると「土木工事施工管理基準」を上回る場合も生じるため、次式で個別に標準値 y_2 を設定します。

$$y_2 = \frac{D_c}{2} \sin \theta$$

ここに、 y_2 : 曲げ配管時のジョイント間隔の標準値

D_c : 管外径

θ : 継手の曲げ角度 (設計曲げ角度以下の任意の値)

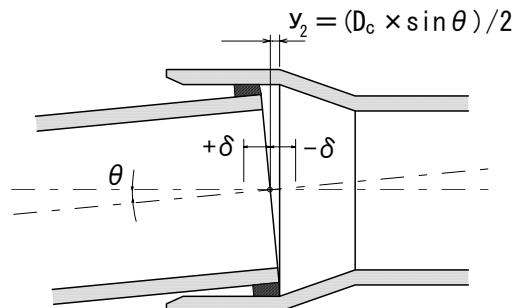


図 7 曲げ配管時の継手の初期状態

(2) 曲げ配管工法の管理基準値(案)

管理基準値は、標準値に対する施工誤差の許容範囲を示す値であり、接合時のジョイント間隔 4 箇所の平均値で照査します。

曲げ配管のときの管理基準値(案)は、以下の 2 条件を満足するように定めました。

〔条件 1〕 図 7 に示すように継手が設計曲げ角度に屈曲している状態を考え、施工のバラツキでさらに屈曲しても許容曲げ角度を上回らないようにすること。

〔条件 2〕 「土木工事施工管理基準」で定められた管理基準値以内とすること。

呼び径ごとの「土木工事施工管理基準」と「曲げ配管の管理基準値(案)」を比較して、図 8 に示します。

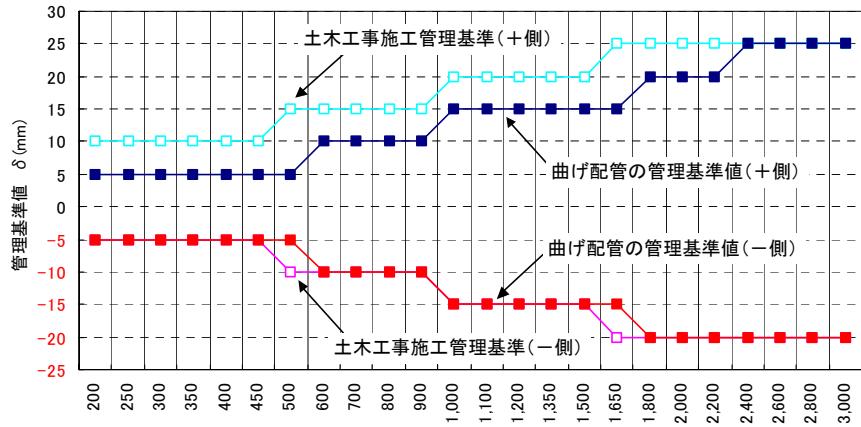


図 8 管理基準値の比較

図 8 より、「曲げ配管の管理基準値(案)」の+側については、呼び径 2200 以下では「土木工事施工管理基準」の値よりも 5mm~10mm 小さくなります。呼び径 2400 以上については「土木工事施工管理基準」の方が小さくなるため、その値を管理基準値(案)としています。また一側については呼び径 500 と 1650 で 5mm 小さくなる以外は「土木工事施工管理基準」と一致します。

このように曲げ配管の管理基準値(案)は、直線配管のときの管理基準値より全体に小さく、厳しい値となります。

(3) 曲げ配管の管理基準値算定例

呼び径 1000 で 5° $5/8$ 届曲の場合を例に、施工管理基準を算定した結果を表 4 に示します。

表 4 ジョイント間隔の施工管理基準の例 (B 形、C 形、D 形、T 形継手)

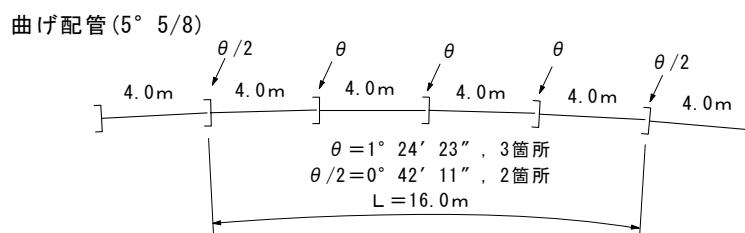
呼び径	1 箇所あたりの曲げ角度	標準値(案) y_2	管理基準値(案) $\pm \delta$	屈曲部の管理基準 ¹⁾ y 寸法
1000	θ_d	$y_2 = \frac{D_c}{2} \cdot \sin \theta_d$	$+ \delta$ $- \delta$	$y_2 + \delta$ $y_2 - \delta$
	$\theta = 1^\circ 24' 23''$	$\frac{D_c}{2} \cdot \sin \theta = 13$	$+ 15$ $- 15$	$+ 28$ $- 2 (0)$
	$\theta/2 = 0^\circ 42' 11''$	$\frac{D_c}{2} \cdot \sin \frac{\theta}{2} = 6$	$+ 15$ $- 15$	$+ 21$ $- 9 (0)$

注 1) 曲げ配管の標準値(案)に管理基準値(案)を加えた値であり、接合時のジョイント間隔平均値がこの範囲内になければならない。

注 2) カッコ内数値は入り込みを許容しない継手構造の場合の値。

注 3) BC 点および EC 点の継手の屈曲角は $\theta/2$ とする。

注 4) D_c は管外径を示す。



(4) 曲げ配管の測定箇所

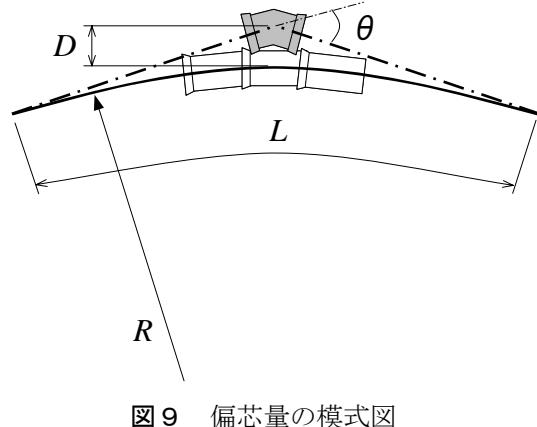
「土木工事施工管理基準」では、管布設にあたって中心線のズレについては直線部で 50m に 1 箇所、曲線部では 10m に 1 箇所で測定を行うこととされています。しかしながら、曲げ配管区間では設計上の円弧に沿った精度の高い管布設が求められることから、原則として管 1 本ごとに測定を行うこととします。

また、上述のように曲げ配管工法における継手の施工管理は、直線配管の場合と異なる値を用いて行うことから、事前に発注者の承認を受けて実施する必要があります。

7-2 屈曲部の偏芯量

曲管で設計された箇所を曲げ配管に変更する場合には、布設路線が屈曲の内側に移動します。管中心線のズレは図9に示される状態となり、その偏芯量(D)は交角(θ)と曲率半径(R)によって下式で求められます。

$$D = R \cdot \left(\frac{1}{\cos(\theta/2)} - 1 \right)$$



一例として、 $R = 183\text{m}$, $\theta = 7^\circ 30'$ の場合、 $D = 0.39\text{m}$ となります。

曲げ配管の採用によって路線計画や掘削断面が変更となる場合には、この偏芯量を考慮した設計・施工が必要です。

なお、当初から曲げ配管で設計されている場合には問題ありません。

8. 現地実証試験の概要

地形的に緩やかな屈曲箇所が多く、曲げ配管工法の採用が有効な大口径パイプラインを対象として、実証試験を実施しました。

8-1 試験対象管路

実証試験を実施した管路の概要を表5に示します。

表5 実証試験管路概要

事業体	路線・工事名	口径・管種	施工延長	曲線箇所	計測本数
新濃尾農地防災事業所	野中工区 その1	φ 2000～1800 FRPM	516m	6	60
	野中工区 その2	φ 1800 FRPM	554m	3	38
	伏屋工区 その1	φ 1800 FRPM	309m	1	14
	伏屋工区 その2	φ 1800 FRPM	383m	2	15
新矢作川用水農業水利事業所	野錢工区 その2	φ 1650 FRPM	573m	4	57
合 計				16	184

注1) 新濃尾 伏屋工区その2については、初期計測条件に不備が認められたのでデータ分析には用いなかった。

注2) 新矢作川用水 野錢工区については、管布設時の初期値計測のみ実施した。

8-2 試験実施時期

平成17年2月～平成17年12月

8-3 試験内容

(1) 施工時の調査

路線内の曲線布設区間およびその前後の直線区間を試験対象とし、施工時に管内面からジョイント間隔、たわみ量の初期値計測位置をマーキングし、計測・記録しました。

(2) 通水後の挙動調査

かんがい用水の加圧・通水を経た後に管内を排水し、目視計測により同一箇所での計測値の変化を記録しました。

8-4 結果概要

計測対象となる管路の概要を図 10 に、曲げ配管の現地布設状況を図 11 に示します。

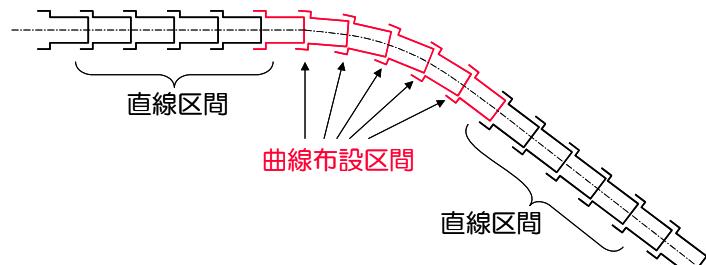


図 10 計測対象区間



図 11 曲げ配管状況

ジョイント間隔は、図 12 のように施工完了時と通水後に円周方向 4 箇所 (上下左右) を計測し、同一箇所における変化量 (平均伸縮量、左右屈曲量、上下屈曲量) の度数分布を求めました。

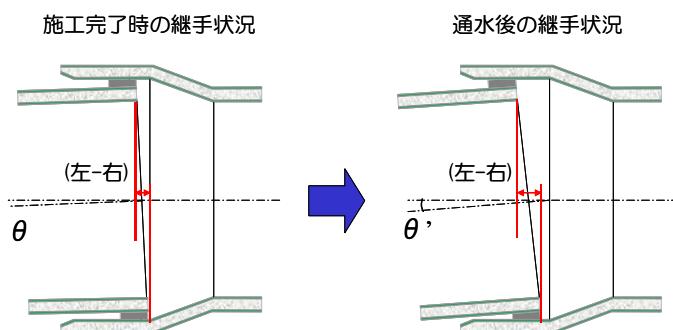


図 12 ジョイント間隔の模式図 (平均伸出し量も左右屈曲量も増加の場合)

直線区間と曲線布設区間に分けて、ジョイント間隔から求めた変化量の度数分布を図 13 に、統計量の比較を表 6 に示します。

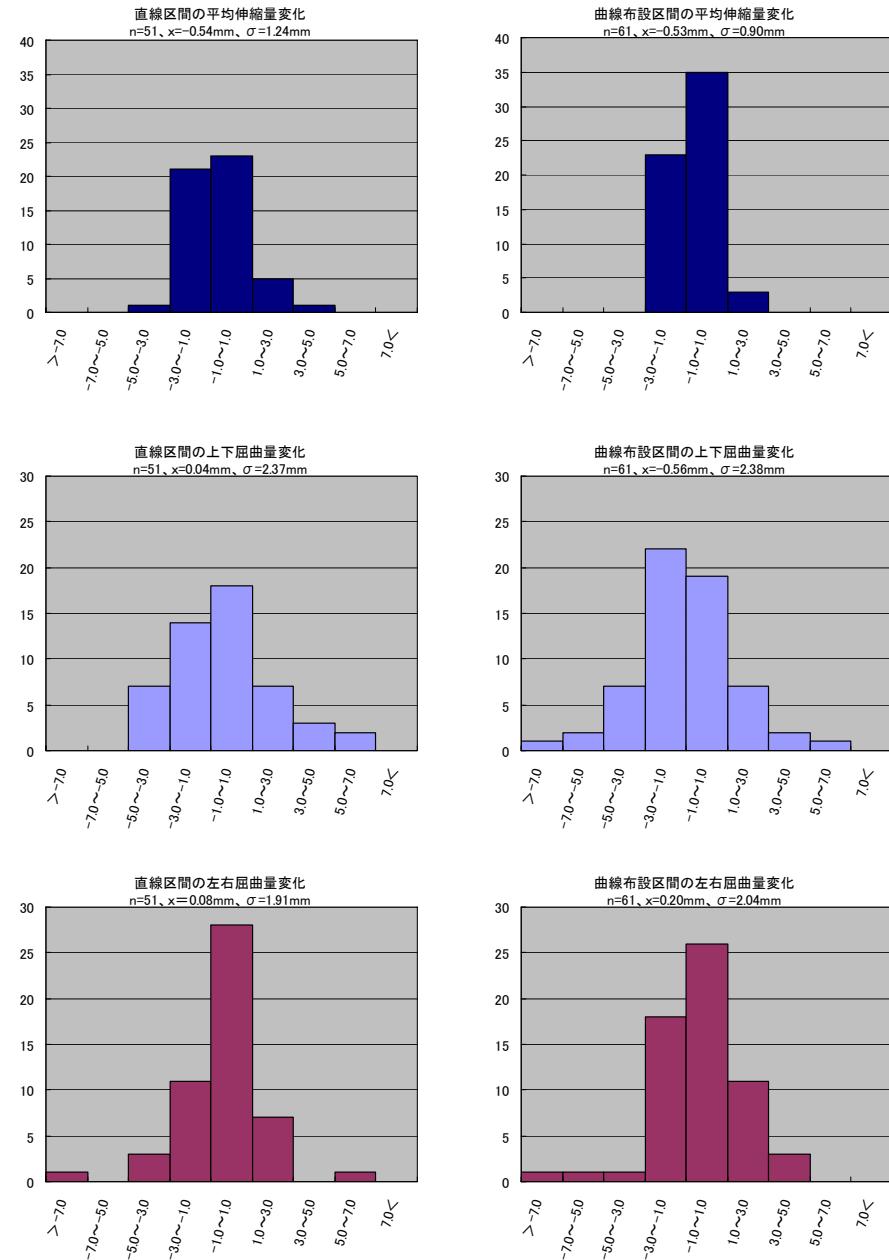


図 13 直線区間と曲線布設区間に於けるジョイント間隔の変化

表 6 通水に伴う変化量の比較

	計測 本数	平均伸縮量 (mm)		上下屈曲量 (mm)		左右屈曲量 (mm)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
直線区間	51	-0.54	1.24	-0.04	2.37	0.08	1.91
曲線布設区間	61	-0.53	0.90	-0.56	2.38	0.20	2.04

表6より、直線区間と曲線布設区間とを比較すると、各変化量の平均値・標準偏差はいずれも非常に類似しており、通水に伴うジョイント間隔の変化に有意な差は認められませんでした。

変化量は、99%信頼区間($\pm 2.58\sigma$)を考えても左右屈曲量で $\pm 5\text{mm}$ 、平均伸縮量で $\pm 3\text{mm}$ 程度であり、呼び径1800mmFRPM管の抜出し余裕量(約170mm)に対して極めて小さな値でした。

また今回計測した曲線布設区間は、すべて図11のような水平方向の曲げ配管ですが、変化量をみると直線区間・曲線布設区間ともに左右方向より上下方向のバラツキの方がやや大きな値を示しています。これは埋戻し後の経時的な地盤沈下等の変動に継手管路が追従したことによるものと考えられます。

9. 研究成果の概要

本課題で実施した研究内容のフローを図14に、個別研究の要約を次ページ以降に示します。

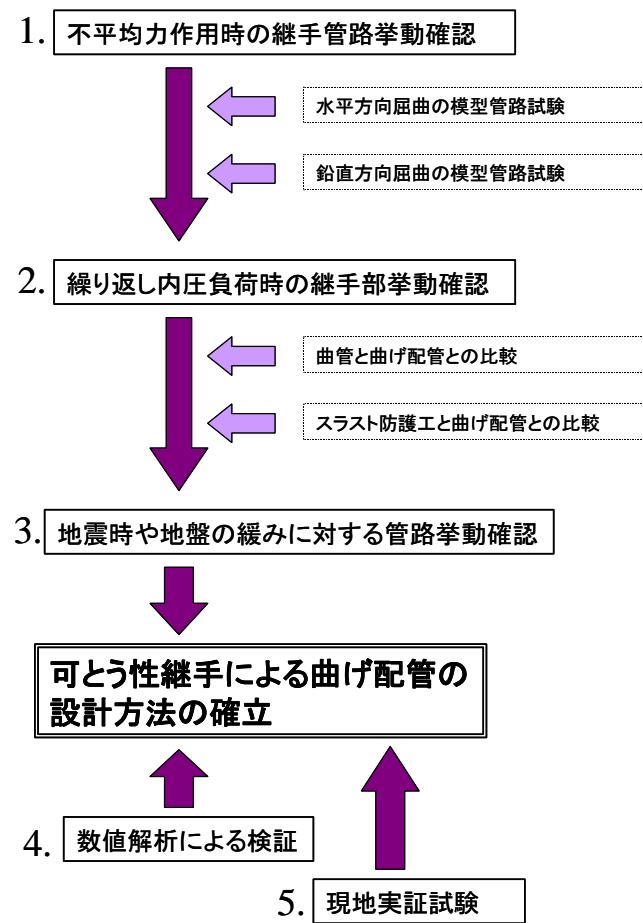


図14 研究内容フロー

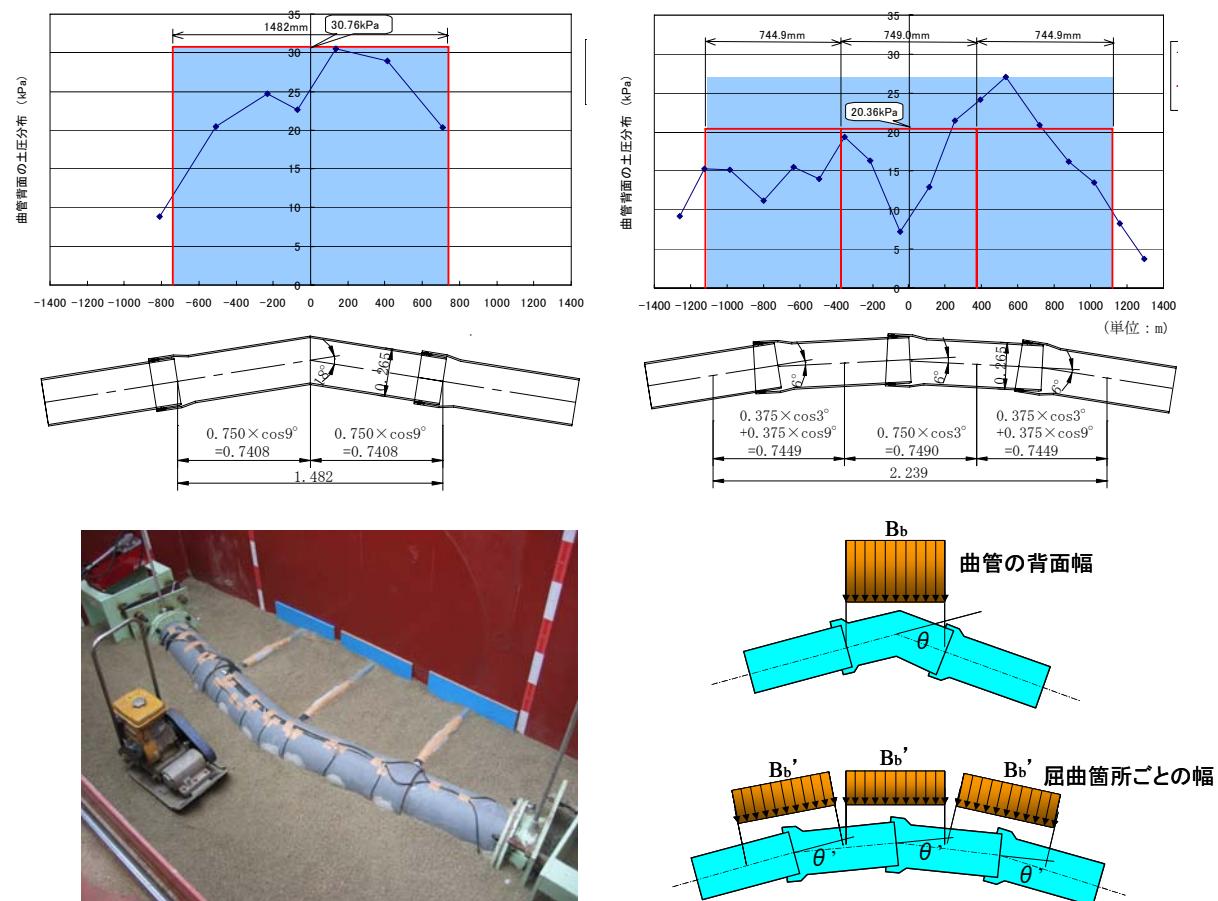
個別研究テーマ	1. 不平均力作用時の継手管路挙動確認
サブテーマ	水平方向屈曲の模型管路試験
実施年度	平成 16 年度

目的

水平方向屈曲の曲管と、同一角度になるよう曲げ配管した継手管路とをモデル化し、内圧による不平均力作用時の挙動を比較する。また曲げ配管部の設計計算方法についても検討する。

内容概略

管路中央部に長さ 1500mm の 18° 曲管を設けたモデルと、長さ 750mm の管 4 本を用いて継手 3 箇所を各 6° 屈曲させたモデルについて、D 値 90% の砂基礎で土被り 0.5m に埋設して 0.7MPa の内圧を管路の変位が収束するまで繰り返し負荷した。



実施成果

- 曲管部と曲げ配管部に作用する内圧スラスト力への抵抗力(抵抗土圧の総和)は同程度である。
- 同一の土被り、内圧に対しては、曲管より曲げ配管を行った方が変位量は小さい。
- 継手 1 箇所だけの曲げ配管と複数箇所の曲げ配管(曲線布設)とを比較すると、屈曲 1 箇所あたりの内圧スラスト力への抵抗力は同程度である。
- 曲げ配管部の滑動に対する設計は、曲管と同じ計算式を用い 1 屈折箇所ごとに検討すればよい。

個別研究テーマ	1. 不平均力作用時の継手管路挙動確認
サブテーマ	鉛直方向屈曲の模型管路試験
実施年度	平成 16 年度

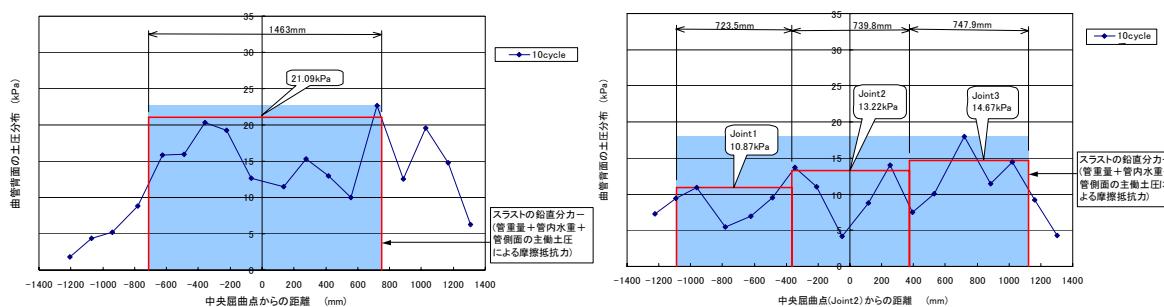
目的

鉛直上向きに不平均力が作用する条件について、曲管と、曲げ配管した継手管路とをモデル化し、内圧を負荷して挙動を比較する。水平方向と同様に曲げ配管部の設計計算方法について検討する。

内容概略

長さ 1500mm の 18° 曲管と、長さ 750mm の直管 4 本(継手 3箇所を各 6° 屈曲)とをそれぞれ鉛直上向きに不平均力が作用する方向に配置し、0.7MPa の内圧を繰り返し負荷して管路が上向きに移動するまで、土被りを段階的に減少させた。

18° 曲管は土被り 0.5m のとき、曲げ配管は土被り 0.4m のときに管路が上向きに移動した。



実施成果

- 曲管部と曲げ配管部に作用する内圧スラスト力への抵抗力(鉛直土圧の総和)は同程度である。
- 内圧スラスト力で管が鉛直方向に移動するときの安全率は、曲管と曲げ配管とで同程度である。
- 同じ土被りでは曲げ配管を行った方が曲管より移動量は小さく、安全側である。
- 曲げ配管部の浮上に対する設計は、曲管と同じ計算式を用い、最も土被りが浅くなる箇所で検討すればよい。

個別研究テーマ	2. 繰り返し内圧負荷時の継手部挙動確認
サブテーマ	曲管およびラスト防護工と曲げ配管との比較
実施年度	平成 17 年度

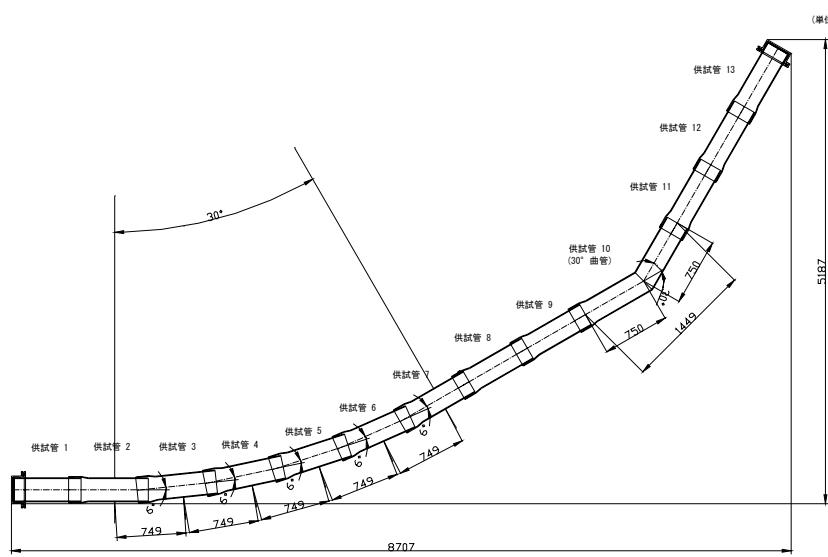
目的

曲げ配管(5箇所)と曲管(直接埋設またはラスト防護工)とを含む模型管路を現地盤に埋設し、内圧を繰り返し負荷することにより、実際の管路施工に準じた条件における管路挙動を確認する。

内容概略

関東ローム地盤に右図に示す 13 本の供試管から成る模型管路を砂基礎で埋設し、内圧負荷に伴う不平均力作用時の管路および継手部の挙動を確認した。

曲管部は安全率を考慮して内圧 0.4MPa までは直接埋設、それ以上はラスト防護工を施して 0.8MPa まで負荷した。



実施成果

- 30° 曲管を直接埋設した場合と 6° 屈曲×5 箇所の曲線布設を行った場合では、滑動に対する安全率は曲線布設の方が大きく、本試験では 0.66 : 1.70 であった。内圧負荷の結果、曲線布設箇所では管は移動せず、また背面土圧の発現もより明確であることなど、曲管部より安全となる結果を得た。
- 曲管部にラストブロックを打設し、曲線布設箇所と設計上の安全率を合致させ、どちらも 1.0 とした条件でも、曲線布設箇所の方が管の移動量は小さく、背面の抵抗土圧は”個別研究テーマ 1.”で求めた計算範囲を考慮すればよいことがわかった。

個別研究テーマ	3. 地震時や地盤の緩みに対する管路挙動確認
サブテーマ	地震動に対する管路挙動
実施年度	平成 17 年度

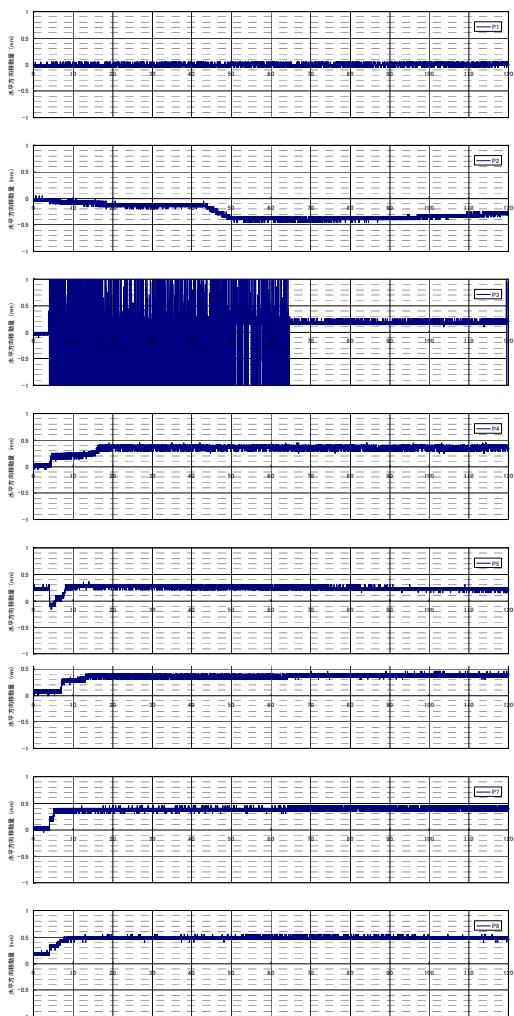
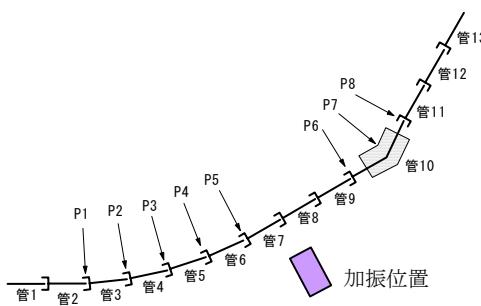
目的

内圧スラスト力を受けた屈曲部に地震動が作用したときの影響を確認するため、内圧を負荷した状態で地盤に振動を加え、曲げ配管部および曲管部の挙動を比較する。

内容概略

内圧を 0.7MPa に保持した状態で、屈曲部背後の地盤(関東ローム)に大型バイブレータで振動を 60 秒間加え、加振中の管路に作用する加速度、加振前後の管路移動量・継手間隔・背面部圧の変化を計測した。

加振位置を 3 通り変化させて実施した。(下図および右図は管路中央位置での加振状況を示す)



P1～P8 の水平方向移動量

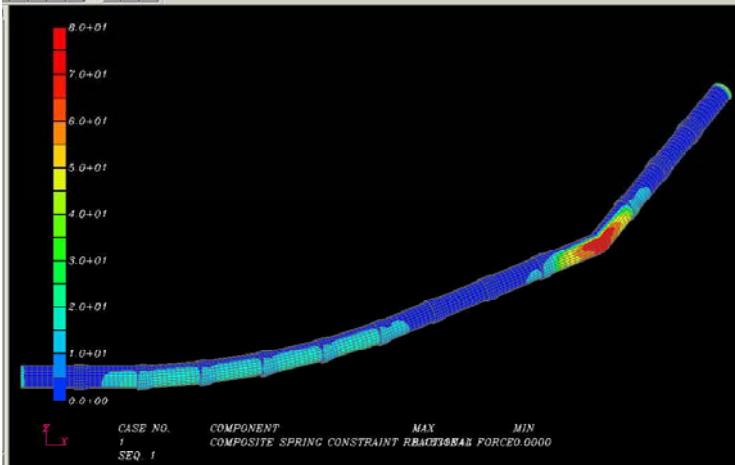
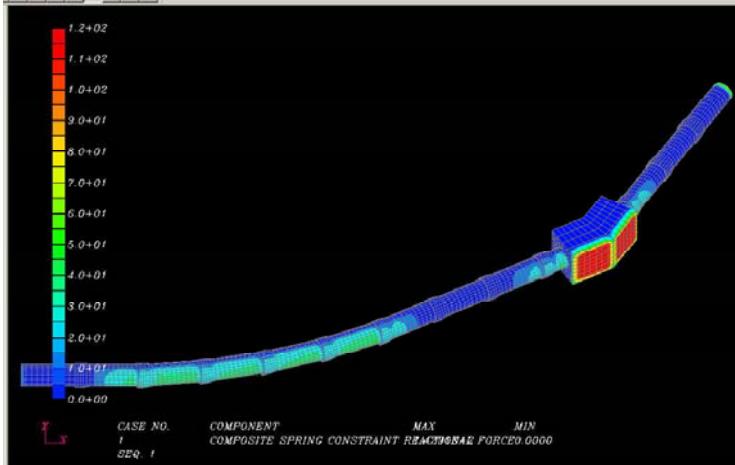
実施成果

背後の地盤に振動を加えると、管路は水平方向の加速度応答が 100～200gal 程度(片振幅)、鉛直方向の加速度応答が 200～700gal 程度(片振幅)を示した。

管の水平方向移動量は、加振時に曲管部で最大 0.7mm の変位を生じ、加振後は安定していた。

継手間隔の変化は小さく、曲管部で 0.3mm の屈曲差を示したほかは管路両端部での内圧負荷に伴う伸び出しを除きほぼ 0.1mm 以下であった。

個別研究テーマ	3. 地震時や地盤の緩みに対する管路挙動確認
サブテーマ	地盤の緩みに対する管路挙動
実施年度	平成 17 年度
目的	
曲管部および曲げ配管部に、矢板引抜きなどに伴う局部的な緩みや軟弱な領域が存在している場合を想定し、初期空洞を設けて内圧を負荷し、管路挙動を比較する。	
内容概略	
屈曲部の背後地盤に長さ 1800mm×幅 200mm の空隙を設け、内圧を繰り返し負荷した。曲げ配管部と曲管部(スラストブロック)とで管の移動と背面土圧の違いを比較した。	
試験は 0.8MPa を 5 サイクル負荷した時点で曲管部の移動量が 50mm を超えたため、終了した。	
 <p>曲げ配管部背面の空隙</p>	
 <p>曲管部背面の空隙</p>	
実施成果	
曲線布設箇所では、P3、P4 で 10mm 程度の移動を生じたが、0.8MPa の 1 回目負荷時に比較的大きな移動を生じた後は収束傾向を示した。	
一方、曲管部では P7 で 37mm、P8 で最大 50mm を超える移動を生じ、内圧繰り返しに伴い漸増傾向が続いた。	
背面の空隙範囲は両箇所とも同一であるが、スラストブロックを設けた曲管部が非常に大きく移動した。曲線布設箇所では屈曲角度が 5 箇所に分散し、空隙範囲内 3 箇所の継手が位置しているが、特定の継手が集中的に屈曲するような挙動はみられなかった。	

個別研究テーマ	4. 数値解析による検証
サブテーマ	
実施年度	平成 17 年度
目的	
小口径管路による模型実験結果の妥当性を数値解析から評価するとともに、実規模のパイプラインへ適用するための数値シミュレーションを行う。	
内容概略	
	
<p>管継手および背後地盤を線形バネで、パイプを 3 次元シェル要素で構成した有限要素モデルを作成し、内圧負荷時の管路変位および背面抵抗土圧の分布範囲などについて実験結果との照合を行った。</p> <p>汎用の 3 次元線形弾性解析ソルバを用いた。</p> <p>(左図は背面から受ける抵抗力のセンター図)</p>	
	
実施成果	
<p>曲管およびスラスト防護工の背面には抵抗土圧が集中的に作用し、その値は実験値および計算値(スラスト力が水平投影面積に分布すると考えた値)と合致している。</p> <p>曲げ配管部(継手 5 箇所)の背面には抵抗土圧が広く均等に分布し、その値は実験値ならびに背面土圧の作用範囲を仮定した計算値とも一致することがわかった。</p> <p>また管路の変形モードも実験結果をよく表現できることがわかった。</p>	

個別研究テーマ	5. 現地実証試験
サブテーマ	新濃尾農地防災事業所 野中工区、伏屋工区 他
実施年度	平成 16 年度～平成 17 年度
目的	
通水に伴うスラスト力や、経時的な地盤沈下等の変動に対して、直線区間と曲線布設区間とで管路の挙動に相違があるか否かを確認する。また、実管路において施工精度を確認する。	
内容概略	
路線内の曲線布設区間およびその前後の直線区間($\phi 2000 \sim \phi 1800$ FRPM 管、約 110 本)を試験対象とし、施工時に管内面からジョイント間隔、たわみ量の初期値計測位置をマーキングし、計測・記録した。	
次に施工完了後の加圧・通水を経た時点で管内を排水し、目視計測により同一箇所での計測値の変化を記録した。	
実施成果	
直線区間と曲線布設区間とを対比すると、各変化量の平均値・標準偏差はいずれも非常に類似しており、通水に伴うジョイント間隔の変化に有意な差は認められないことがわかった。	
変化量は、99%信頼区間($\pm 2.58 \sigma$)を考えても左右屈曲量で ± 5 mm 程度であり、呼び径 1800mm FRPM 管の抜出し余裕量(約 170mm)に対して非常に小さい。	