

継手を有する既設埋設管路の屈曲部における地震時継手拔出し量の定量評価の試み

NTC コンサルタンツ (株) 正会員 ○家田 浩之 非会員 立石 卓彦

1. はじめに

継手を有する埋設管路の屈曲部は、継手の拔出し等による地震被害が多く発生し¹⁾、地震時のウィークポイントとなるが、その拔出し量の定量的な評価方法は確立されていない。一方、水道や農業用水などの既設埋設管路は膨大な数に及び、これらの耐震診断を効果的かつ効率的に行うことが急務である。本研究は、既設埋設管路の屈曲部における継手拔出し量の簡易の評価方法の提案を目指すものである。本稿では、まず、水平屈曲部を対象とし、埋設管路の応答変位法で適用される正弦波状の地盤変位が作用する場合の継手部の挙動を把握することを目的として、梁-バネモデルによる静的解析を実施した。

2. 検討手法

2-1. 対象管種と着目点

継手部の被害件数が多い灌漑用 PC 管の水平屈曲部¹⁾を対象とした。PC 管の屈曲部は、コンクリート巻立て（スラストブロック）構造となっている（図-1）。そのため、屈曲部では、直線部における地盤-管の滑りによる相対変位の集中、ブロックと管との剛性や慣性力の違いに着目する必要があると考えた。さらに、屈曲部の角度及び屈曲点における挙動の影響範囲にも着目した。

2-2. 梁-バネモデルによる静的解析による継手拔出し量の計算

実際の幹線水路を対象とし、屈曲部周辺の管路（PC 管、φ900）、スラストブロックを地盤バネで支持された梁として以下のようにモデル化した（図-2）。

（1）管路の継手は 4m おきに配置し、伸長バネと回転バネにより表現した（図-3）。伸長バネの剛性は、伸びる方向は施工時に最低限必要とされる引抜き力（3tf）から求め、縮む方向は圧縮剛性に相当するバネ値とした。回転バネは、継手の許容回転角（4°）のギャップを設けた。

（2）地盤バネは埋戻し土の $V_s=100\text{m/s}$ として、せん断方向と管軸直交方向のバネ値（それぞれ K_1, K_2 ）を以下のように算出した（図-4）。

$$K_1 = 1.5 (\gamma/g) V_s^2$$

$$K_2 = 3.0 (\gamma/g) V_s^2$$

ここで、 γ は土の単位体積重量（ $=18\text{kN/m}^3$ ）、 g は重力加速度。

せん断方向のバネは、すべり開始せん断応力 $\tau_{cr}=15\text{kN/m}^2$ のバイリニア型モデルとした。

（3）当該地点で想定される振幅 $U_g=9.39\text{cm}$ を有する正弦波状の地盤変位を管軸方向に作用

[対象とした幹線水路系]

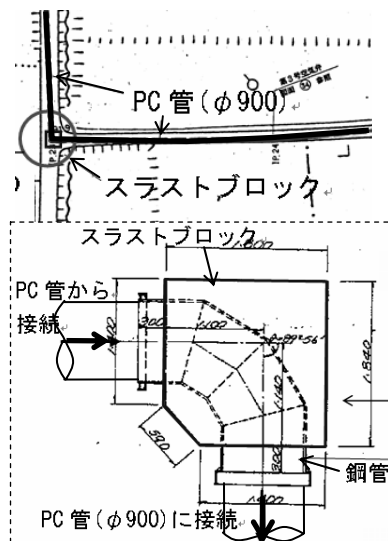
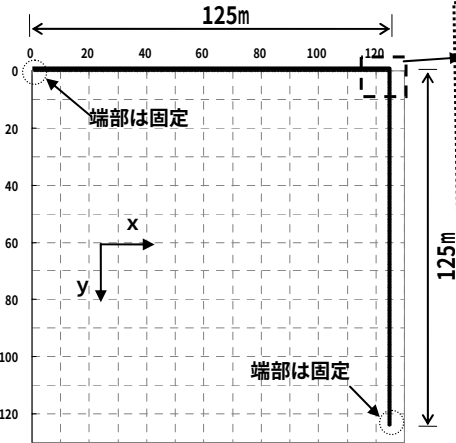
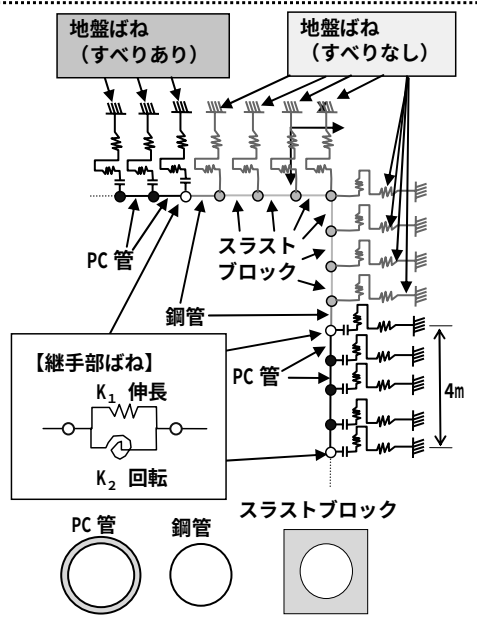


図-1 対象とした管路系と屈曲部の構造図

【モデル図】



【屈曲部拡大図】



項目	PC管 φ900	スラスト ブロック 1.4×1.4m	鋼管 (異型管) φ900
断面積	A m ²	0.155	1.324
断面2次モーメント	I m ⁴	0.017	0.288
ヤング係数	E kN/m ²	3.3×10^7	2.45×10^7
単位長さ当たり重量	γ kN/m ³	9.9	40.0

図-2 埋設管路屈曲部の梁-バネモデルの模式図

キーワード 既設埋設管路、地震時継手拔出し量、水平屈曲部、梁-バネモデル、PC 管

連絡先 〒460-0012 愛知県名古屋市中区千代田 2-16-10 NTC コンサルタンツ(株) 水土事業部 TEL052-261-1321

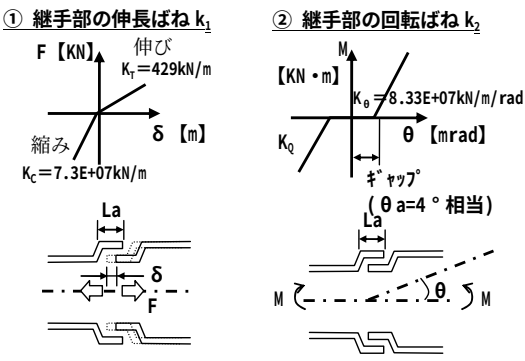


図-3 継手バネの設定

させた(図-5)。波長は、当該地点の地盤条件より $L=82\text{m}$ とした。慣性力は地盤応答解析で求めた地表の最大加速度を水平震度(1.19)に換算してスラストブロックに作用させた。

(4)管路の屈曲角度は、 90° 、 45° 、 22.5° 、 12.5° の4パターンとし、屈曲点に最大地盤変位が作用するように設定した(図-5)。

3. 検討結果

梁-バネモデルによる計算結果を表-1 に示す。継手の抜出しは曲管部付近に集中し、抜出し量は最大で 2.7cm であった。抜出しが生じる範囲は、屈曲部から継手5~6本(20~24m)で波長の $1/4$ 程度の範囲であった。抜出し量は屈曲部から離れるほど大きくなるが、これは屈曲点に地盤変位の最大値を配置したためであり、地盤変位の位相を図-5 の分布から $1/8$ 波長分ずらすと1本目から3本目で抜出しが生じる(表-2)。

既往の地震の被害事例では、屈曲部の影響が顕著となるのは、主に継手から2本目までとの報告がある¹⁾。管種、地震動、地盤の条件が異なるが、本検討における抜出し量のオーダーは同報告(屈曲部周辺で $2\sim 4\text{cm}$)と概ね一致する結果となった。

90° のスラストブロックの移動量は、地盤振幅とほぼ等しいことから、慣性力の影響は小さいと評価した。ブロックの移動量は、屈曲角度が小さいほど低減し、 12.5° の場合は 90° の場合の 0.46 倍となった。

4. 今後の展開

本検討は埋設管の直線部に適用される応答変位法を曲管部に適用した計算を試みたものである。今後は、継手被害の実態も踏まえて、地盤振幅やひずみから継手抜出し量を簡易評価する方法の開発に取り組んでいきたい。

謝辞

本検討の大部分は、国営土地改良事業地区調査「矢作川総合第二期地区」²⁾の中で実施したものです。ご指導いただいた関係者の皆様に深く感謝します。

参考文献

1) 藤田信夫, 毛利栄征, 鈴木尚登: 地震動に対する継手構造管路の伸縮余裕と安全性, 農土論集, 249, pp.63-73, 2007
2) 清水啓生, 若林正樹, 野々村圭造: パイプライン屈曲部における耐震性能の照査について, 農業農村工学会京都支部第68回研究発表会講演要旨集, pp.3-23 - 3-24, 2011

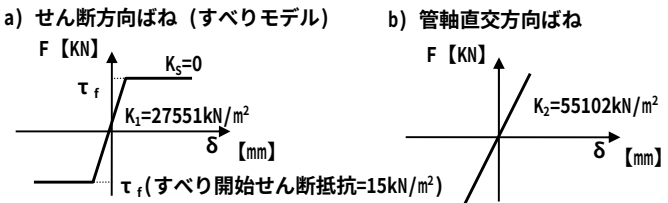


図-4 地盤バネの設定

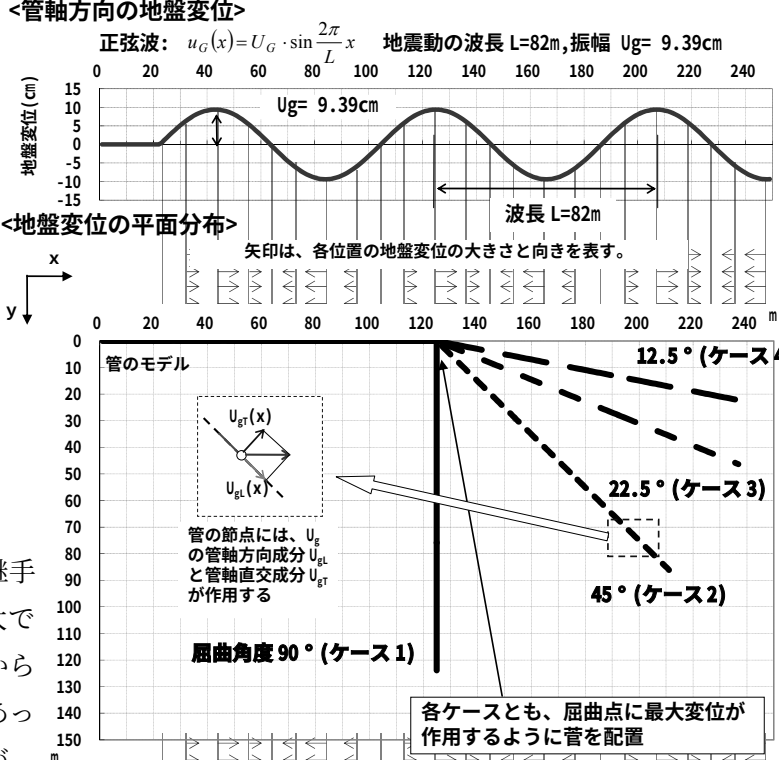


図-5 地盤変位の作用の方法と管路の屈曲角度(4 ケース)

表-1 継手抜出し量の算定結果

屈曲角度 (解析条件)		90°	45°	22.5°	12.5°
地盤変位の振幅 (解析条件) cm		9.39			
スラストブロックの移動量 cm		9.42	7.4	5.51	4.37
(90° のケースを1としたときの比)		(1.00)	(0.79)	(0.58)	(0.46)
継手抜出し量	1本目 δ_1 cm	0.97	0	0	0
	2本目 δ_2 cm	1.62	0	0	0
	3本目 δ_3 cm	2.26	1.62	0	0
	4本目 δ_4 cm	2.68	2.48	1.77	0.48
	5本目 δ_5 cm	2.64	2.78	2.74	2.71
	6本目 δ_6 cm	0	1.7	2.24	2.52
抜け出し量の総和 δ_0 cm		10.18	8.58	6.74	5.71

表-2 地盤変位の位相と継手抜出し量

地盤変位の位相 (屈曲角度は90°のケース)	継手抜出し量 (cm)				
	1本目	2本目	3本目	4本目	5本目
①: 屈曲点で最大変位(図-5)	0.97	1.62	2.26	2.68	2.64
②: ①+1/8波長ずらした場合	2.77	2.70	2.29	0.00	0.00