

固結工法による圧力管路屈曲部のスラスト力対策に関する遠心振動実験 Dynamic centrifuge tests on thrust restraint using soil solidification method for pressure pipe bend

○有吉充* 太田遥子** 澤田豊** 喜多田恵** 毛利栄征*** 泉明良* 河端俊典**

Mitsuru ARIYOSHI, Yoko OHTA, Yutaka SAWADA, Megumi KITADA, Yoshiyuki MOHRI,
Akira IZUMI and Toshinori KAWABATA

1. はじめに

大きな地震動が農業用パイプに作用すると、屈曲部が変位し、継手が離脱する可能性がある。これは、パイプの埋戻しに用いた基礎材料や現地盤の液状化によるスラスト抵抗力の減少や、動水圧によるスラスト力増加等が原因である。特に、現地盤が液状化しない場所では、基礎材料の液状化は、パイプの地震時挙動に大きな影響を与える¹⁾。そこで、スラスト力対策として、屈曲部背面等のスラスト力作用方向の基礎材料にグラウトや固化処理土等の固結工法を用いた工法の遠心振動実験を実施し、その有効性を検証した。

2. 実験概要

現地盤が粘性土等で液状化せず、基礎材料だけが液状化する状況を再現するため、現地盤を締固め度 93%の笠間土(細粒分質砂)、基礎材料及び埋戻し材料を相対密度 60%の珪砂 6号(砂)とし、外径 60mmの剛なパイプを用いた実験模型を作成した(図1)。実験は3ケースで、基礎材料の一部(スラスト力の作用方向である斜線部)を変更し、Case1では珪砂、Case2ではグラウト(水ガラス系溶液タイプ土質安定剤エヌタイトスーパー30)、Case3では固化処理土(セメント系固化剤タフロック)をそれぞれ用いた。なお、グラウト及び固化処理土の母材は、Case1と同様に相対密度 60%の珪砂を用いた。一軸圧縮試験より求めた圧縮強度及び変形係数(試験数 $n=3$ の平均値)は、グラウトでは 290kPa 及び 25MPa、固化処理土では 413kPa 及び 51MPa である。

実験模型を遠心力载荷装置に設置し、スラスト力を再現するために、68.6N(遠心場 30 m/s^2 で 2.1kN)の錘を、ワイヤを介して管に負荷した(図1)。その後、模型に 30 m/s^2 の遠心力を与えた状態で、土槽の底面からメトロズ水溶液を注入し、基礎材料(珪砂の箇所)を飽和させたのち、地震動を加えた。地震動は周波数 150Hz の正弦波で 60 m/s^2 , 120 m/s^2 , 180 m/s^2 , 240 m/s^2 を 2秒とした(実換算: 5Hz の正弦波 200 cm/s^2 , 400 cm/s^2 , 600 cm/s^2 , 800 cm/s^2 を 60秒)。但し、試験機の性能の問題から、実際に模型に入力された地震動(土槽で計測した加速度波形)は、表1(最大加速度)及び図2に示すようになった。パイプ(錘)の変位量及び地盤内の間隙水圧を 200 μ 秒間隔で計測した。

3. 結果と考察

図3に示すように、Case1, Case2, Case3の順でパイプの変位量は大きかった。特に、Case1では 120 m/s^2 (以下、加速度は目標値で示す)の加振で基礎材料が液状化した。

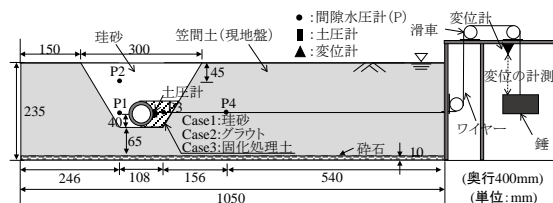


図1 実験模型
Experimental model

表1 最大加速度の目標値と入力値
Target value and input value of
maximum acceleration

目標値	(単位: m/s^2)					
	60	120	180	180	180	240
	1回目			2回目		
Case1	89	207	268	-	-	-
Case2	32	94	175	-	-	269
Case3	34	79	128	161	174	245

*Cas3の 180 m/s^2 は目標値に近づくため 3回実施した

*農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO **神戸大学 Kobe University ***茨城大学 Ibaraki University

キーワード: 埋設管, 屈曲部, 耐震, 遠心実験, 振動実験, グラウト, 固化処理土

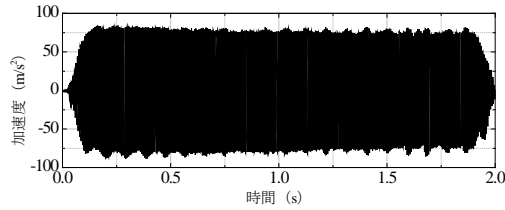


図2 加速度波形の例 (Case1 の目標値 60m/s^2 では, 入力値の最大加速度は -89m/s^2 となった.)

Example of acceleration wave

め, パイプは大きく変位した. 図4(a)に示すように, 現地盤はほとんど変形せず, 基礎材料の範囲でパイプは動いた. Case2 及び Case3 では, 240m/s^2 加振時においてもパイプの変位量はそれぞれ 6mm 及び 3mm であり, 珪砂よりも大幅に小さい (図3 及び図4 (b)). Case3 の方が Case2 よりも変形量が小さいのは, 本試験に用いた固化処理土の変形係数 (51MPa) がグラウト (25MPa) の約 2 倍であるためと考えられる.

図5に示すように, 現地盤を想定した笠間土では, 全てのケースで間隙水圧はほとんど変化せず, 液状化は生じなかった. 一方, 珪砂では間隙水圧が増加し, 有効応力が加振中に低下したことが分かる. これに伴いスラスト抵抗力は低下し, Case1 では管が大きく変位した.

Case2 のグラウト部は間隙水圧がほとんど変化しなかった (図5 (b)). グラウトにより砂に粘着力が付加され, 加振中の土粒子の変位が抑制されたことと, 土粒子の空隙がグラウトで満たされており, 珪砂で生じた過剰間隙水圧はグラウト内に伝搬しにくいためと考えられる. また, Case3 の固化処理土部は間隙水圧が増加した (図5 (c)). 間隙水圧が珪砂より遅れて増加していることと, 固化処理土は粘着力を有しており振動により土粒子が変位しにくいことから, 固化処理土ではなく珪砂で生じた過剰間隙水圧が固化処理土内に伝搬したものと考えられる. しかしながら, 間隙水圧が増加しても, 粘着力等により加振中でもスラスト抵抗力を有しており, Case3 ではパイプはほとんど変位しなかった.

4. おわりに

遠心振動実験により, 固結工法によるスラスト力対策の有効性を検証した. その結果, スラスト力作用方向に固結工法を用いることで, 基礎材料が液状化した場合でも, 管の変位量を抑制できることが分かった.

引用文献: 1)毛利栄征, 有吉充, 河端俊典 (2012), 大口径パイプの地震被害-被害状況と復旧の考え方-, 地盤工学ジャーナル, 7(1), pp. 185-194.

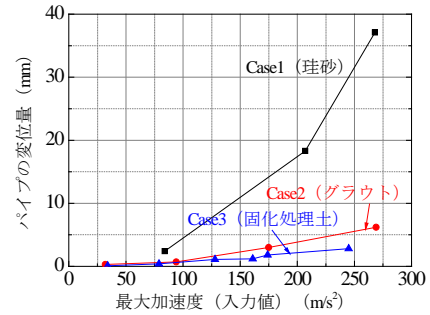
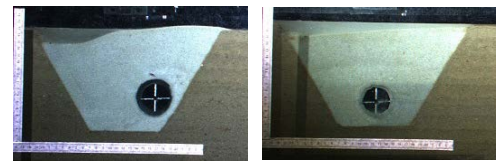


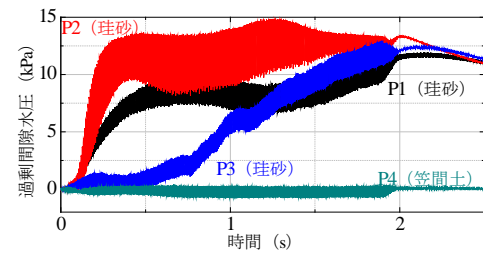
図3 最大加速度 (入力値) とパイプの変位量の関係

Relationships between maximum acceleration and pipe displacement

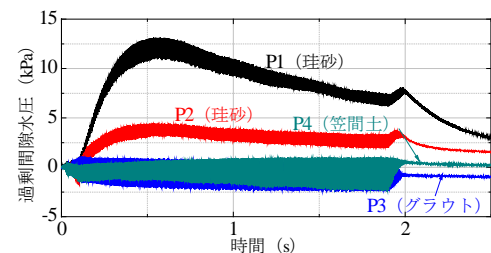


(a) Case1 (b) Case2

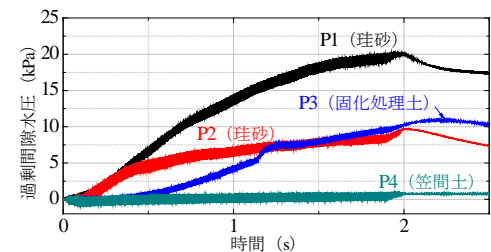
図4 実験終了時の模型 Model at the end of the experiment



(a) Case1, 120m/s^2



(b) Case2, 180m/s^2



(c) Case3, 180m/s^2 , 1 回目

図5 過剰間隙水圧の時系列データ Time history of excess pore water pressure