

グラウトを用いたパイプの浮上防止対策工法に関する震動実験
Shaking Table Tests on Floatation Prevention Method of Pipeline with
Grouting

○細川 修* 有吉 充** 毛利栄征*** 岡部 吉一****

HOSOKAWA Osamu, ARIYOSHI Mitsuru, MOHRI Yoshiyuki, OKABE Yoshikazu

1. はじめに

現地盤やパイプ周辺の基礎地盤に液状化が生じると、地中に埋設されたパイプラインが大きく浮上や蛇行する場合がある。液状化防止やパイプの浮上防止を目的として地盤のグラウトは有効であるが、従来のグラウト注入は地盤の強度増加を目的としており、改良範囲が広く大規模な対策工事となり経済的にも課題があった。本研究では、グラウト技術を用いた低コストな浮上防止対策工法を開発し、震動実験によってその有効性とグラウトによる改良範囲とパイプの浮上量の関係を明らかにした。

2. 実験の概要

鋼製のせん断土層を用いて、長さ 2,000mm、奥行き 1,500mm、高さ 850mm の地盤内の埋設深 250mm の箇所に供試管を設置した実験模型を作成した。地盤は Table1 に示す霞ヶ浦砂を用いて締固め度は 85%とした。供試管には、口径 200mm、長さ 1200mm の塩化ビニル管を使用した。

実験は 5 ケースで、供試管周辺に設置した直径 250mm の改良体の個数及び位置を Table2 に示すように変更した。改良体の縦断方向の距離は、Fig.1 に示すように、400mmとした。

模型地盤作成後に土槽底面から注水して、地表面まで飽和させた後に加振を行った。地震動は、5Hz の sin 波 (200, 400, 600, 800cm/sec²) を、それぞれ 10 秒間ずつ与えた。

震動台の加速度、パイプの鉛直方向の変位量（浮上量）等を計測した。

Table 1 霞ヶ浦砂の物性値
Properties of Kasumigaura sand

土粒子密度	g/cm ³	2.719
最大粒径	mm	4.75
最大乾燥密度	g/cm ³	1.510
細粒分含有率	%	2.5
均等係数		2.46

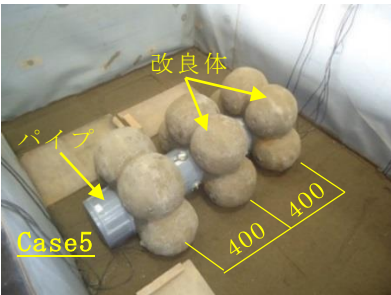


Fig.1 改良体の設置状況 (Case5)
Setting condition of soil improvement

Table 2 震動実験ケース
Case of shaking test

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
縦断方向の改良体の個数	無し	3	3	3	3
横断方向の改良体の個数	無し	1	2	3	4
横断方向の改良体の図					

*東亜グラウト工業株式会社 Toa Grout Kogyo Corporation, **農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering,NARO, ***茨城大学農学部 Faculty of Agriculture Ibaraki University, ****株式会社東京ソイルリサーチ Tokyo Soil Research Corporation,
キーワード：液状化，パイプ浮上防止対策，グラウト注入，震動実験

3. 実験結果及び考察

(1) 過剰間隙水圧

Case5 の加速度 200cm/sec^2 におけるパイプ中心深さでの過剰間隙水圧を Fig.2 に示す. 過剰間隙水圧は加振後すぐに有効上載圧まで上昇した. 他のケースでも同様であり, 200cm/sec^2 加振時に, 液状化が生じたことを示している.

(2) パイプ浮上量と浮上防止体積比率

震動実験におけるケース毎のパイプ浮上量及び浮上防止体積比率の関係を Fig.3 に示す. ここで, 浮上防止体積比率 (α) とは, 改良体の体積 (V_g) と Fig.4 に示す液状化対象地盤の体積 (V_r) の比率 ($\alpha = V_g/V_r$) とした. なお, ケース 2~5 の浮上防止体積比率は, それぞれ 8.4, 15.3, 23.3, 30.0 となる.

加速度 200cm/sec^2 では, ケース 1 及び 2 におけるパイプの浮上量はパイプ口径の約 3 倍であり, ケース 3 及び 4 でもパイプ口径分以上の浮上量であった. 一方, ケース 5 のパイプの浮上量は 3.8mm でほとんど浮上しなかった. 浮上防止体積比率 (改良した範囲) が大きくなるほどパイプの浮上量は減少し, 30%以上の浮上防止体積比率では非常に小さい浮上量に収まった.

また, ケース 1~4 では, 加速度が大きいほどパイプの浮上量は増加したが, ケース 5 では加速度 800cm/sec^2 を受けた場合でも浮上量は 2.5mm であった. 大きな地震動に対しても, 高い耐震性を有していることが確認できた.

(3) 改良体の断面形状

液状化した砂がパイプ下部へ回り込むことで, パイプの浮上が助長される¹⁾. Fig.5 に示すケース 5 は, 改良体を門型状にパイプ下端深度まで設置した断面形状であるため, 液状化した砂の回り込みを防止でき, パイプ浮上量がより減少したと考えられる. そのため, この形状がパイプの浮上防止に効果的であると思われる.

【参考文献】1) 毛利栄征, 堀秀和, 河端俊典, 岡部吉一: 地盤の液状化に伴う埋設管の浮上と地盤流動, 第 44 回地盤工学会研究発表会 (横浜) 2009 年 8 月, 講演集 p1319-1320

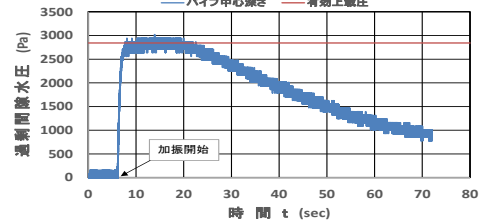


Fig.2 過剰間隙水圧と有効上載圧
Relationship between excess pore water pressure and effective principal stress

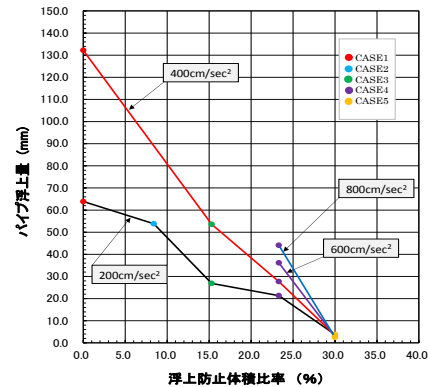


Fig.3 体積比率と浮上量の関係
Relationships between volume ratios and quantities of pipe flotations

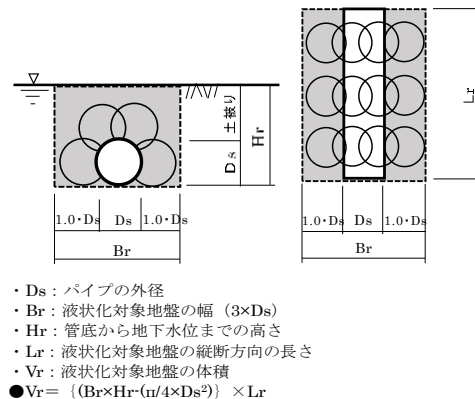


Fig.4 液状化対象地盤の体積
Volume of soil liquefaction

ケース 4 (浮上量: 21.4mm, 200cm/sec^2) ・体積比率: $\alpha = 23.3\%$ 液状化砂の回り込み(大) 浮上量 (大) の考えられる要因	ケース 5 (浮上量: 3.8mm, 200cm/sec^2) ・体積比率: $\alpha = 30.0\%$ 液状化砂の回り込み(小) 浮上量 (小) の考えられる要因
---	--

Fig.5 有効な改良範囲の形状
Effective range of ground improvements