

液状化過程における埋設管の動的応答に関する一考察

新日本製鐵（株）正会員 ○柳本 速雄 長谷川 久

新日本製鐵（株） 柴田 良樹

東京ガス（株） 正会員 塚本 克良

1. はじめに

地震時の地盤の液状化による埋設管の被害の原因は、一般的に動的な地盤変形によるもの、浮力によるもの、液状化後の永久変位によるものに大別されている¹⁾。この中で埋設管に決定的な被害を与えるものとして、地盤の動的変位、永久変位による影響が注目されており、安田ら^{2) 3)}により、液状化による地盤の動的変位、永久変位の解明の為の模型実験が行なわれている。筆者らは、勾配を設けた地盤中に管を敷設し、管に対し平行及び直角方向に加振を与え、地盤を液状化させた時の地盤の動的変位・永久変位と管の発生ひずみの関係をとらえるための実験を行った。ここではその内の、地盤の動的変位が埋設管に与える影響について報告する。

2. 実験概要

模型地盤は図1に示すように、内寸法縦2.6m×横2.6m×高1.8mの大型土槽内に層厚1.1mの飽和砂層地盤を作成し、地盤底部及び表面にケース毎に5%、10%の勾配を設けた。地盤材料として使用した砂は均等係数5.87、有効径0.02の液状化し易い砂を用いた。実験ケースは表1に示すように、前記2種類の勾配に対し、加振方向がパイプの軸方向及び軸直角方向を組み合わせた4ケースとした。供試管は、外径60.5mm、厚さ1.65mmの直管のステンレス製パイプを用い、地盤表面からパイプ表面迄の距離が常に50cmとなるように設置した。供試管の端部は、非液状化層と液状化層との境界条件に近づけるために土槽に予め取り付け付けた鋼製ガイドバーにボルトで接続した。なお、液状化時の浮力による影響を与えないように、パイプ内面には地盤の単位体積重量と等しくなるよう粘土を等分布に付加した。計測は、図1に示すように加速度計、間隙水圧計、ひずみゲージを取り付け加振開始と同時にを行った。地盤製作中においても、地盤が液状化しても計器の設置位置、計測方向ができるだけ変化しないように各計器はたこ糸で吊るした。振動台による加振は3Hzの正弦波で80～200galまで段階的に変化させ、10秒間の加振を基準とした。

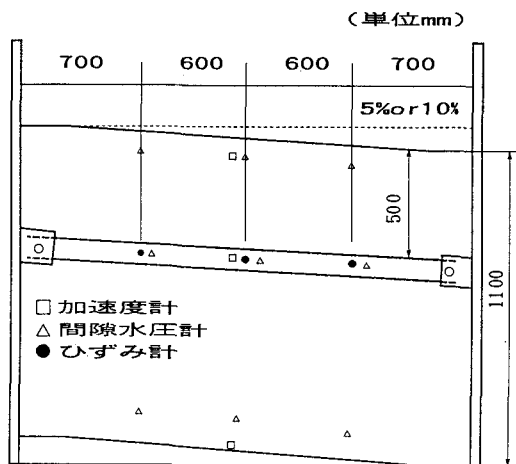


図1 実験概略図

表1 実験条件

ケース No.	加振方向	地盤勾配	相対密度
1	軸直角	5%	25 %
2	軸方向	5%	45 %
3	軸直角	10%	30 %
4	軸方向	10%	30 %

3. 実験結果及び考察

(1) 過剰間隙水圧比と動的応答変位の関係

加振開始からパイプ設置位置の過剰間隙水圧比が1.0に達するまでの過剰間隙水圧比と地盤の動的変位によるパイプの軸方向発生ひずみの関係を図2に示す。図の軸方向ひずみは、最もひずみ量が大きく発生した

軸方向中央部の引張側の軸方向ひずみを示している。ケース毎に地盤の密度が異なるため、過剰間隙水圧比がピークに達する入力加速度、加振時間は異なるものの、いずれのケースにおいても、過剰間隙水圧比がピークに達する直前に、地盤の動的変位による軸方向ひずみが最大値をとっていることが読み取れる。この原因は、加振開始と同時に過剰間隙水圧比が上昇し、これに伴い地盤は軟化するため、パイプの応答変位は増大していき、過剰間隙水圧比がピーク(1.0)に達すると、地盤はもはや拘束力を持たずパイプの応答変位は急激に低下してしまうためと考えられる。本報告では省略しているが、軸方向加振時にパイプ端部に取り付けられたロードセルから計測した動的荷重も過剰間隙水圧比がピークに達する直前に最大値をとる結果となっている。

(2) 液状化過程中的埋設管の応力解析結果との比較
著者ら²⁾はかつて、液状化地盤の拘束力実験で液状化程度の進行に伴い地盤拘束力が急激に低下する結果を踏まえて、液状化過程中的埋設管の応力解析をモデル地盤の有効応力解析で得られた結果と組合せ、地震時の埋設管の応力状態を時間的に追跡した。それらの解析結果と今回の実験結果について動的ひずみの最大値の発生するタイミングに着目して比較した所、いずれも動的ひずみの最大値は、過剰間隙水圧比が1.0に達する直前で発生していることが確認できた。

4. まとめ

以上、実験から得られた知見をまとめると次のようになる。

- (1) 地盤の動的変位によってパイプに発生するひずみは、過剰間隙水圧比が1.0になる直前でピークに達することが認められた。
- (2) 今回の実験における動的ひずみの最大値が発生するタイミングは、埋設管の応力解析とモデル地盤の有効応力解析を組み合わせた埋設管の応力状態の追跡から得られる結果と一致することが確認できた。

5. あとがき

本研究を遂行するにあたりご指導頂いた、九州工業大学の安田進先生はじめ地盤工学研究室の皆様方にこの場をお借りして感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 安田・多田・福崎・中島：液状化による地盤の永久変位に関する振動台実験、第22回土質工学研究発表会講演集、1987
- 2) Yasuda, Kiku, Yanagimoto : Several Simulations of Buried Pipelines During Liquefaction, The Forth Japan-U.S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, 1992

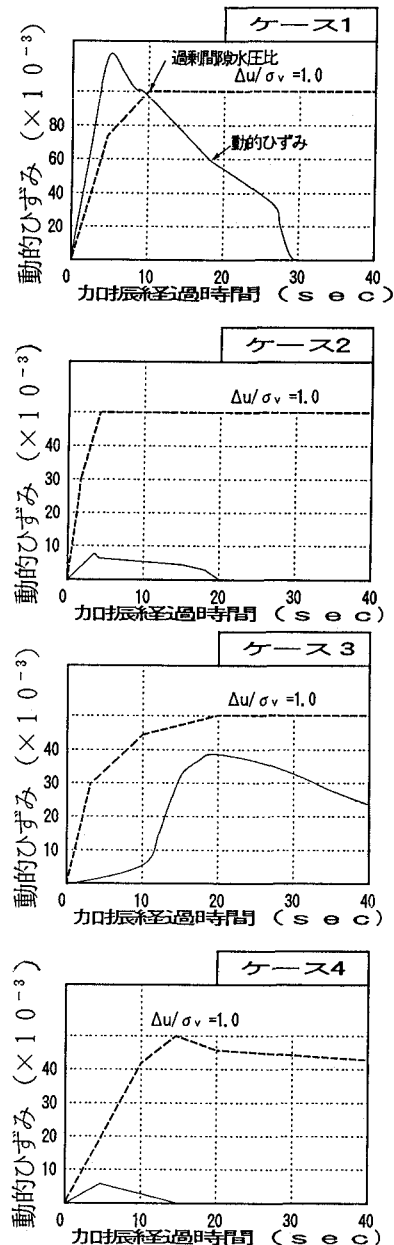


図2 加振時間に対する過剰間隙水圧比と動的応答変位の関係