

III-268

地中構造物の液状化対策工法に関する研究

－排水パイプ工法に関する数値シミュレーション－

中部電力（株） 電力技術研究所 正員 杉 本 忠 男
 ” 正員 早 川 誠
 ” 正員 河 村 精 一
 （株）オークエンジニアーズ 正員 鳥井原 誠
 ” 正員 ○伊 藤 浩 二

1. まえがき

今回、緩い砂地盤にある軽量地中構造物の液状化による浮き上がりを防止する対策工法として、その有効性が確認されている¹⁾排水パイプ工法について、大型せん断土槽（4.35m×2.85m×2.0m）をもちいた模型振動実験をおこなった。実験結果の概要は既に報告したが²⁾、本報では、数値シミュレーションによりそれらの結果を検証している。

2. 実験概要

排水パイプ工法は、地震時の液状化現象に対し、構造物底面から立ち上げたパイプから土中水を自由排水させることによって過剰間隙水圧を速やかに消散し、底面に作用する揚圧力の低減ならびに側壁での摩擦抵抗力の減少を抑え、浮き上がりを抑える工法をいう。

したがって本工法では、一般のドレーン系の液状化対策工法で定義する杭径比に相当する開口率 A/A_0 （ A ：

パイプ開口部の全断面積、 A_0 ：模型底面積）が重要なパラメータであり、表－1に示すようにパイプの底面積を絞ることにより異なる開口率での実験をおこなっている。

ここで模型地盤および構造物模型の断面と代表的な計器配置を図－1に示す。砂層部は岐阜砂をもちいており、相対密度、飽和単位体積重量はそれぞれ平均25%、 1.81tf/m^3 である。また模型底部には、栗石に相当する碎石層を設置している。

3. 数値シミュレーション

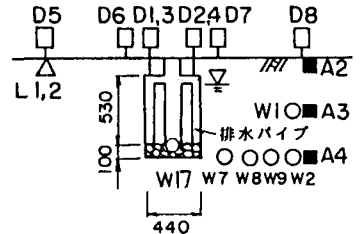
①解析方法：一般的な解析手法である“全応力解析法”により模型振動実験のシミュレーションをおこなっている。すなわち等価線形化法をもちいた二次元平面ひずみ条件下での地盤－構造物系の地震応答解析“FLUSH”から液状化を生じさせる地震外力を算定し、その結果を過剰間隙水圧の発生・消散解析“GADFLEA”に入力する。

したがって、構造物模型の浮き上がりや地盤の沈下等の変形には着目せず、特に排水パイプ工法における開口率の違いによる揚圧力の特性を模型振動実験と比較・検討する。

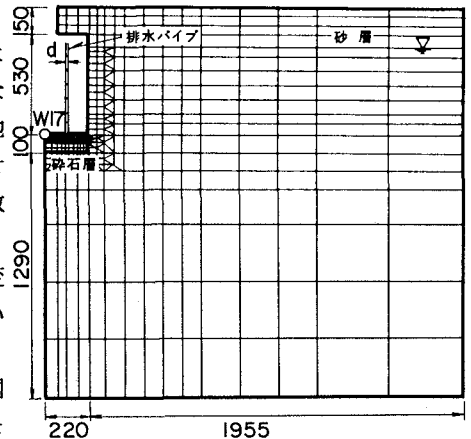
②解析モデル：“GADFLEA”でもちいた解析モデルの一例を図－2に示す。“FLUSH”では、砂層、碎石層、構造物模型をモデル化しているが、“GADFLEA”では砂層、碎石層、自由排水

表－1 実験ケース

実験ケース	解析ケース	対策工法	開口率 A/A_0 (%)	パイプ径 ϕ' (mm)	有効径 d (mm)
CASE 1	CASE 1	無対策	----	----	----
CASE 2-1	CASE 2-1	排水パイプ	0.033	5.0	0.072
CASE 2-2	CASE 2-2	排水パイプ	0.106	9.0	0.232
CASE 2-3	CASE 2-3	排水パイプ	0.814	25.0	1.791
----	CASE 2-1'	排水パイプ	0.325	15.8	0.715
----	CASE 2-2'	排水パイプ	1.055	28.5	2.328
----	CASE 2-3'	排水パイプ	8.143	79.1	17.932



図－1 模型地盤の計器配置



図－2 解析モデル (GADFLEA)

する排水パイプをモデル化し、構造物模型は境界条件によって表現している。

また、模型底面のパイプ開口部の有効径 d は、開口率 A/A_0 、解析モデルの底辺長 $d_{res}(=22\text{cm})$ をもちいて式(1) から算定し、その結果を表-1中に示す。

$$d = (A/A_0) \times d_{res} / 100 \quad \text{----- 式(1)}$$

③解析ケース：表-1に示すCASE 1~2-3 の200gal入力の場合に、CASE 2-1~2-3 の開口率の10倍を想定した CASE 2-1'~2-3'をおこなっている。尚全ケースで“FLUSH”の入力波は、CASE 1で計測されたテーブル加速度波形である。

④入力定数：“FLUSH”でもちいる砂層部の動的変形定数は、一例として、図-3に示す模型振動実験に相当する低拘束圧 σ' 、条件での中空ねじりせん断試験から得られる G 、 $h-\gamma$ 関係と、予めおこなった微小ひずみレベルのホワイトノイズ試験のシミュレーション結果を参考に決定している。

また“GADFLEA”でもちいる砂層の過剰間隙水圧の発生に関するパラメータは、せん断応力比 R の異なる液状化試験の結果から決定している。ここで過剰間隙水圧発生量の算定でもちいる $u/\sigma'_v - N/N_1$ 関係について、試験結果とSeed等の提案曲線を図-4に示す。尚消散に関するパラメータは推定値である。

⑤解析結果：模型底面に作用する揚圧力 ($W17$) の経時変化の一例を図-5に示す。パイプ開口率が小さい場合 (CASE 2-1) では、実験値と解析値はよい対応を示しているが、開口率が大きい場合 (CASE 2-3) では両者の差が顕著になっている。

次に最大揚圧力とパイプ開口率の関係を図-6に示す。このように浮き上がりの主な原因となる最大揚圧力は、開口率の増加と共に次第に減少し、また両者がよく対応していることが認められる。

4. まとめ

排水パイプ工法に関する模型振動実験ならびにその数値シミュレーションより、本工法において、地中構造物の浮き上がりを生じさせる揚圧力を低減させる効果があることが確認された。

参考文献 1) 土山他：液状化時の地中構造物の挙動に及ぼす各種工法の比較について、土木学会第43回年次学術講演会

2) 杉本他：地中構造物の液状化対策工法に関する研究、第24回土質工学研究発表会

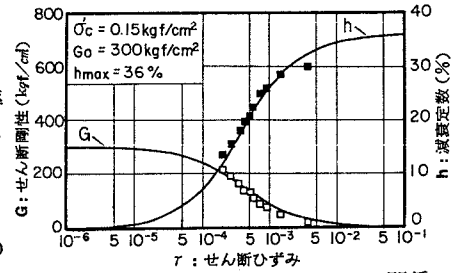


図-3 岐阜砂の G 、 $h-\gamma$ 関係

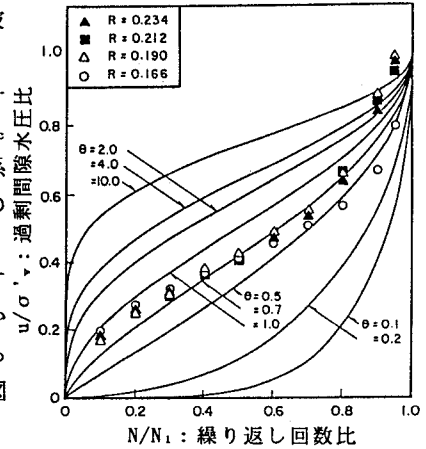


図-4 $u/\sigma'_v - N/N_1$ 関係

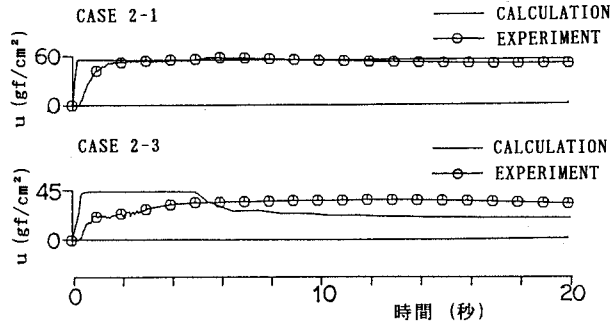


図-5 揚圧力の経時変化

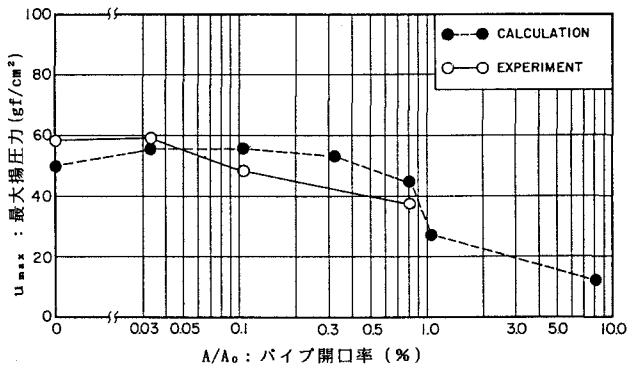


図-6 最大揚圧力と開口率の関係