

## 特殊石灰パイル工法の振動台実験

### (地中構造物の地震時浮き上がりの検討)

戸田建設(株) (正)○柴田 靖 (正)渡辺 稔明  
 谷澤 亮 (正)朝倉 弘明  
 建設省土木研究所 (正) 松尾 修 (正)近藤 浩市  
 東大生産技術研究所(正) 古関 潤一

**1. はじめに** 特殊石灰パイル工法は、ケーシングの圧入効果と硬焼生石灰の水和膨張によるパイルの膨張効果を利用して、ゆるい砂地盤を静的に締め固める液状化対策工法で、一連の振動台実験により、改良地盤の液状化強度<sup>1)</sup>、改良境界部の挙動<sup>2)</sup>、地中構造物の浮き上がり抑制効果<sup>3)</sup>についての検討を行った。ここでは、同工法による地中構造物の地震時浮き上がり抑制効果を評価するために実施した円弧すべり安定計算の結果と、すべり安全率を用いた浮き上がり量の予測について報告する。

**2. 実験方法** 実験に用いた土槽は1m(W)×4m(L)×2m(H)の鋼製で、岐阜県多治見産7号硅砂により、空中落下法で高さ90cmの実験地盤を作成し、土槽中央部に幅60cm、高さ30cm、見かけ比重0.80の共同溝模型を設置した。改良範囲は中央部の幅2mとし、所定の改良効果を得るためパイルの養生中は地盤上に2.5tf/m<sup>2</sup>の上載圧を載荷して加振直前に撤去した。加振は5Hz20波の正弦波入力による20galごとのステップ加振で行った。

実験条件を表-1に、ケース3の計測機器とパイルの配置を図-1に示す。模型鉛直変位は、共同溝模型に取り付けたワイヤを介して地上の変位計で測定し、地盤変状は土槽正面の亚克力側に設置した色砂メッシュの目視による測定に拠った。また、各加振ステップ終了後の地表面変位から加振ステップごとに改良部(中央2m)と無改良部(両外側2m)の地盤の密度を計算した。

**3. 実験結果及び考察** 以下では、模型浮き上がり量、模型直下への砂の回り込み量、円弧すべり安定計算、浮き上がり量の予測について検討した結果を述べる。最初に共同溝模型の加振ステップごとの最大浮き上がり量と加振加速度の関係を図-2に示す。それぞれ180gal, 200gal, 250gal加振時に20mmを超える比較的大きな浮き上がりが生じており、特殊石灰パイルの改良率の違いによる浮き上がり抑制効果の差が現れている。ケース1の200gal, 250galで浮き上がり量が小さくなったのは模型が傾斜し、土槽内面に引っ掛かったような状態になったためと考えられる。次に地盤変状の測定結果から加振ステップごとの模型直下への砂の回り込み量を計算し、その体積分模型が浮き上がるものとして浮き上がり量を算定した。模型浮き上がり量

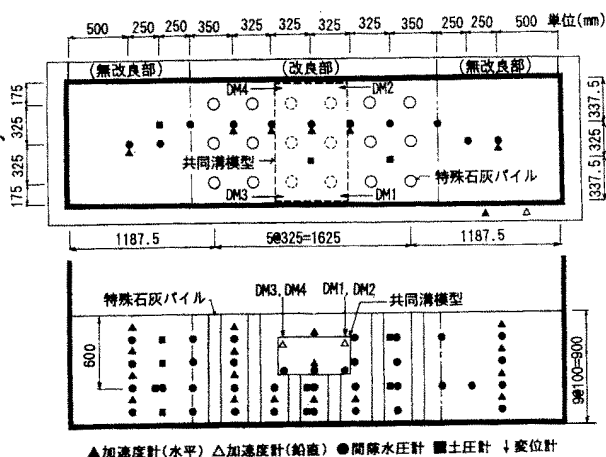


図-1 計測機器とパイルの配置(ケース3)

表-1 実験条件

| ケース | パイル打設       | 膨張率  | 置換率   |
|-----|-------------|------|-------|
| 1   | 無改良地盤       | -    | -     |
| 2   | φ50cm-8本    | 0.18 | 0.029 |
| 3   | φ32.5cm-18本 | 0.38 | 0.081 |

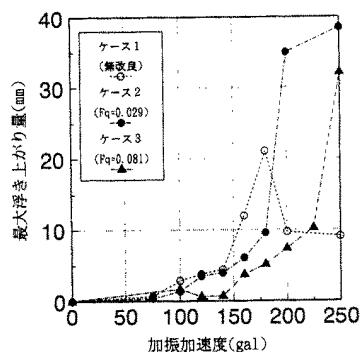


図-2 最大浮き上がり量と加振加速度

実測値と計算値の関係を示したのが図-3であるが、模型の浮き上がり量が砂の回り込みに依存していることがわかる。

以上のことから、構造物直下への砂の回り込みを評価する指標として図-4に示すような円弧すべり面を仮定し、図に示すような円弧すべり安全率Fsを算定した。Mr<sub>1</sub>~Mr<sub>2</sub>:上載土、模型の自重による抵抗モーメント、Mr<sub>3</sub>~Mr<sub>4</sub>:すべり面上でのせん断抵抗による抵抗モーメント、Md<sub>1</sub>~Md<sub>3</sub>:すべり土塊の自重による作用モーメントである。またMr<sub>3</sub>~Mr<sub>4</sub>は、すべり面上でのせん断抵抗力τ<sub>i</sub>が次式で表されるものとした。

$$\tau_i = (1 - Ru) \cdot (\sigma_n' \cdot \tan \phi' \cdot (1 - a_i) + \tau_p \cdot a_i)$$

ここに、Ru:過剰間隙水圧比、σ<sub>n</sub>' :すべり面法線方向有効直応力、φ' :地盤のせん断抵抗角(=32~39°)、a<sub>i</sub>:パイル面積比(=置換率Fq)、τ<sub>p</sub>:パイルのせん断強度(=0.05kgf/cm<sup>2</sup>)である。模型の浮き上がり量とすべり安全率の関係を図-5に示す。各ケース共Fs=1.6前後で微小な浮き上がりが生じ、Fs=1.0以下になると20mmを超える大きな浮き上がりが生じている。この傾向は既往の振動台及び遠心模型実験結果<sup>4)</sup>とほぼ対応する。そこで、すべり面内外で砂の移動がなく、模型が浮き上がるにつれて側方の地盤が沈下することによりMd<sub>1</sub>が減少し、Fs=1.6となった時点で浮き上がりが停止すると仮定して、加振ステップごとに模型浮き上がり量を算定し、実測値との関係を示したのが図-6である。浮き上がり量10mm前後までについては実測値とよく合っているが、それ以上の浮き上がりについては実測値の方がかなり大きくなっている。これは、仮定したすべり円弧が実際の連続的な地盤変状と必ずしも対応していないことに起因すると考えられ、このあたりがこの計算方法の限界といえる。

**4. おわりに** 今回の報告で、特殊石灰パイル工法による地中構造物の地震時浮き上がり抑制効果の評価指標として、パイル強度を考慮した円弧すべり安全率と浮き上がり量の関係を示すことができた。今後の課題としては、特殊石灰パイルのせん断抵抗評価法の確立が挙げられる。なお本研究は、建設省土木研究所との液状化対策工法に関する共同研究の一環として行われたものである。

[参考文献](いずれも第30回土質工学研究発表会,1995に投稿中)

- 1)渡辺他:「特殊石灰パイルの相対密度及び土圧と液状化強度の関係」
- 2)金子他:「特殊石灰パイルの境界部の挙動に関する振動台実験」
- 3)柴田他:「特殊石灰パイルによる地中構造物の地震時浮き上がり抑制効果に関する振動台実験」
- 4)古関他:「共同溝の地震時浮き上がり安定性の簡易評価法に関する検討」

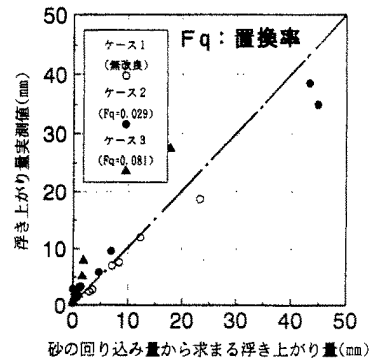


図-3 浮き上がり量の算定(地盤変状)

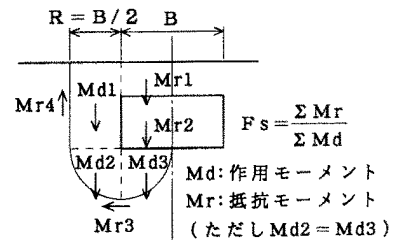


図-4 円弧すべり安全率Fsの計算方法

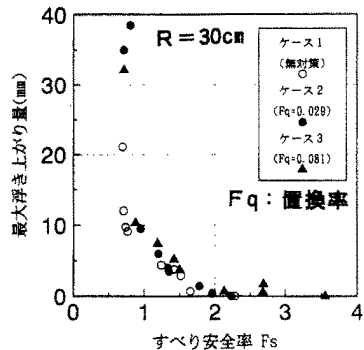


図-5 模型浮き上がり量とすべり安全率

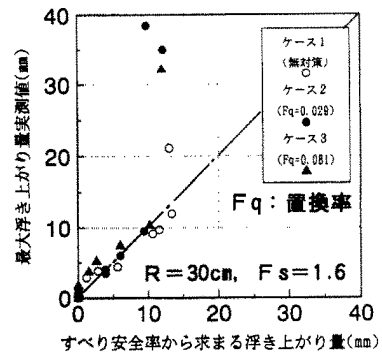


図-6 浮き上がり量の算定(すべり安全率)