

III-A 159 特殊石灰パイルにより改良した地盤の液状化強度の評価法

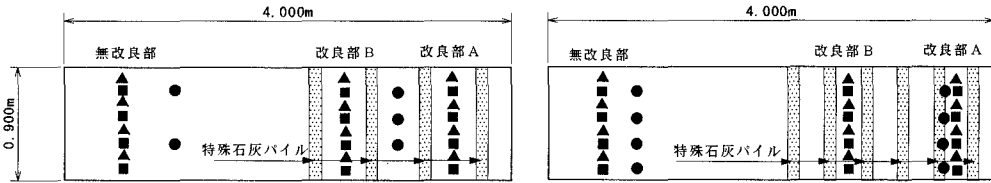
戸田建設 正会員 柴田 靖 正会員 松下 清一
 正会員 渡辺 稔明 正会員 朝倉 弘明

1. まえがき 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固める液状化対策工法である。ここでは、振動台を用いた一連の模型実験のうち、土槽の片側半分を特殊石灰パイルで改良した置換率の異なる2ケースの実験¹⁾結果から、累積損傷度理論によって地盤の液状化強度を評価し、既報²⁾で報告した改良部の液状化強度の予測式と比較、検討した結果について報告する。

2. 実験概要 実験に用いた土槽は4m(L)×1m(W)×2m(H)の鋼製で、岐阜県多治見産7号珪砂により、空中落下法で高さ90cmの実験地盤を作成した。地盤作成後、改良範囲を片側半分の幅2mとしてパイル打設を行い、所定の改良効果を得るため地盤上に2.5tf/m²の上載荷重を設置した後、地盤を飽和させた。2週間の養生後、上載荷重を撤去し、5Hz、20波の正弦波入力によるステップ加振を行った。実験条件を表-1に、パイル配置と計算実施位置を図-1に示す。改良部Bは、隣接する無改良部からの過剰間隙水圧の伝播による損傷領域に相当するものとして改良部Aとは別に設定した。

表-1 実験条件

| ケース | パイル打設仕様 | 膨張率 | 置換率 |
|-----|-------------|------|-------|
| 1 | @50.0cm-8本 | 0.24 | 0.031 |
| 2 | @32.5cm-18本 | 0.38 | 0.081 |



▲：加速度計 ■：間隙水圧計 ●：土圧計
 (a) ケース1 (b) ケース2

図-1 パイル配置と計算実施位置

3. 計算・整理方法³⁾ 今回行った計算・整理のフローを図-2に示す。液状化強度曲線は、事前に実施した中空ねじり試験の結果から、図-3に示すように一定の繰返しせん断応力比を屈曲点とする2本の直線で表せるような形状を仮定した。屈曲点の繰返し回数N'は、半波毎の累積損傷度Dが液状化した繰返し回数Nの時初めて1を超えるように、仮定した液状化強度曲線を水平移動させることにより求めた（詳細については文献3)参照）。

各点の初めて液状化した加振ステップについて、以上のよう算定したN'を領域毎に単純平均したものを領域の平均的なN'とし、液状化強度曲線を定めて領域の平均的な液状化強度比 $(\tau_d / \sigma_{m0}')_{1.20}$ を求めた。なお半波毎の繰返しせん断応力比 $(\tau_d / \sigma_{m0}')_{0.5}$ の算定に用いた土圧係数は、上載荷重撤去前の測定結果を領域毎に単純平均して求めた。以下で述べる検討に用いた加振前の相対密度と計算に用いた土圧係数を表-2に示す。

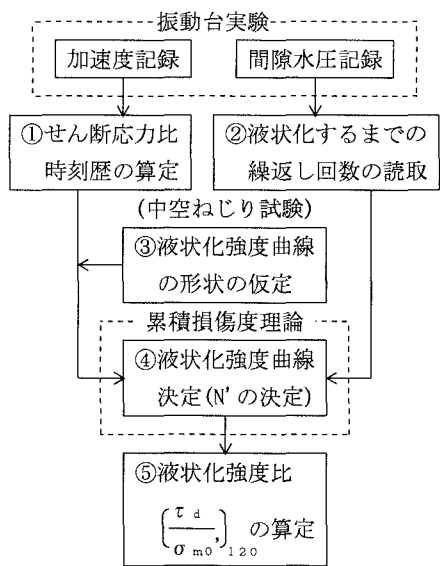


図-2 計算フロー

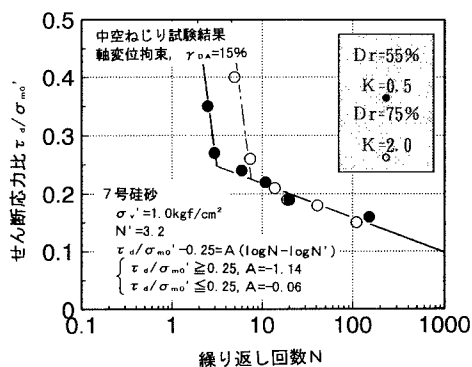


図-3 形状の仮定に用いた液状化強度曲線

4. 結果と考察 相対密度と領域の平均的な液状化強度比 $(\tau_d/\sigma'_{m0})_{120}$ の関係を図-4に示す。ケース1、2ともに相対密度が大きい改良部Aの平均的な $(\tau_d/\sigma'_{m0})_{120}$ が無改良部よりも大きくなっているが、改良部Bでは過剰間隙水圧の伝播による液状化が原因と考えられる液状化強度比の低下がみられ、無改良部よりも小さくなっている。

次に、以下の式によって領域の平均的な液状化強度Rを計算し、検討を行った。

$$R = \left[\frac{\tau_d}{\sigma'_{v0}} \right]_{120} = \frac{1+2K}{3} \cdot \left[\frac{\tau_d}{\sigma'_{m0}} \right]_{120} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 σ'_{v0} : 加振前の有効上載圧

液状化強度Rが最も小さいケース2の無改良部をR₀。として各領域の液状化強度の比R_o (=R/R₀)を計算し、以下の式²⁾で求めた計算上の液状化強度の比R_{sc}と比較したのが図-5である。無改良部と改良部Aについては、ほぼ1:1の対応を示しているが、R_oが大きくなるにしたがって、液状化強度が計算値よりも小さくなる傾向がある。

$$R_{sc} = \frac{D_r}{D_{r0}} \cdot \frac{1+2K}{1+2K_0} \quad \text{----- (2)}$$

ここで、D_{r0} : ケース2無改良部の相対密度

K₀ : ケース2無改良部の土圧係数

5. まとめ 振動台実験結果から液状化強度を評価し、予測式と比較した結果、以下のことがわかった。

- ①液状化強度比 $(\tau_d/\sigma'_{m0})_{120}$ は改良による相対密度の増加によって増加するが、無改良部に隣接する改良部では、過剰間隙水圧の浸透による損傷の影響を受けて増加しない。
- ②改良部の液状化強度Rはパイルの発生土圧に起因する拘束圧増加の影響を受けて、さらに増加し、無改良部の液状化強度に対する比は、ほぼ相対密度と有効平均主応力の比で表される。
- ③本工法の設計では、密度増加による液状化強度に有効平均主応力の比に相当する係数を乗じて改良部の液状化強度とするが、その係数を安全側に評価することによって、有効な設計法になり得ると考えられる。

なお、本検討は官民共同研究「液状化対策工法」の一環として行われたものである。

参考文献 1) 例えば、光成ら：特殊石灰パイル工法による改良境界部の挙動に関する振動台実験，第30回土質工学研究発表会，1995 2) 光成ら：土圧増加を考慮した特殊石灰パイル工法の設計法に関する研究，第30回土質工学研究発表会，1995 3) 島津ら：盛土周辺地盤における地震時間隙水発生特性，第26回土質工学研究発表会，1991

表-2 計算および検討に用いたパラメータ

| ケース | 領域 | 相対密度 | 土圧係数 |
|-----|------|--------------------|------|
| | | D _r (%) | K |
| 1 | 改良部 | 61 | 0.84 |
| | 無改良部 | 57 | 0.48 |
| 2 | 改良部 | 69 | 1.55 |
| | 無改良部 | 55 | 0.43 |

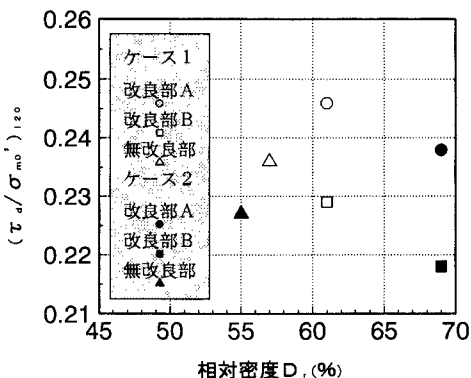


図-4 相対密度と $(\tau_d/\sigma'_{m0})_{120}$

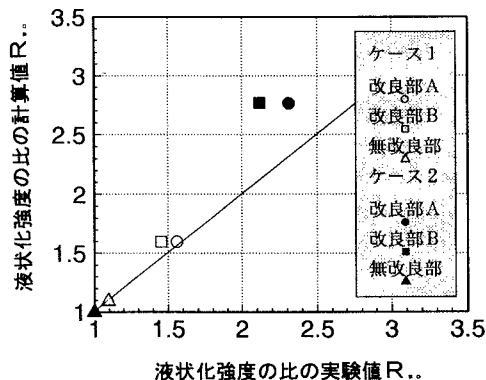


図-5 液状化強度の比の実験値と計算値