

Ⅲ - B210 生石灰パイルを打設した砂質土地盤の再液状化に関する振動台実験

山口大学大学院 学生会員 伊達 明彦 山口大学工学部 正会員 山本 哲朗  
 カルシード 正会員 瀬川 和宏 ニュージェック 松永 雄紀  
 カルシード 正会員 朝枝 邦彦

1. はじめに 生石灰パイル工法は、パイル状の生石灰を軟弱地盤内に打設することによって、土中水を急速に脱水すると同時に、パイル自身の体積が約2倍に膨張することを利用して軟弱地盤の改良を行う工法である。本工法は、一般には粘性土地盤の静的な改良に用いられているが、砂質土地盤にも適用し得ると考えられる。著者らは今回、ケルマン型単純せん断箱内に作製した生石灰パイルを打設した供試体について振動台実験を行い、生石灰パイルを打設した砂質土地盤の液状化特性および再液状化特性を調べた。本文では、その実験方法と結果について述べる。

2. 実験装置および方法 本実験で用いた試料は豊浦標準砂（以下、豊浦砂という）と宇部市で採取したまさ土（以下、まさ土という）である。表-1および図-1にそれぞれ二つの土試料の物理定数と粒径加積曲線を示す。パイル材料として(株)カルシード製の特号工業用石灰を用いた。今回の実験は図-2に示すように、振動台上に固定されたケルマン型単純せん断箱内に供試体を作製して行われた。そのせん断箱の仕様の詳細については、先の論文を参照されたい<sup>1),2)</sup>。

生石灰パイルを打設した供試体の作製は以下のように行った。外径7.8cmの鋼製パイプを脱気水を満たしたせん断箱中央部に置き、その周囲に湿潤試料を詰め、飽和砂層を作製した。パイプ内には生石灰を205.8g投入し、パイプを引き抜くことで土中水と反応させた。消化反応直後に上載圧49.0kPaを作用させ、上方への膨張を防いだ。

このように作製した供試体に周期 $T=1/3s$ で、振幅一定の正弦波状の水平加速度を与えた。今後、以上の供試体をLLP-Pといい、またその実験をLLP-P-testと呼ぶ。また、比較のために、生石灰パイルの消化反応が平衡状態になった後、上記の供試体を再び飽和させた供試体とパイルを打設しない砂層単味の供試体について同様の実験を行った。豊浦砂については、パイプの径5.1cm、石灰量87.1gの供試体についても実験を行った。以下、これらの供試体をそれぞれLLP-S、NLP、MLP-Pといい、これらの実験をそれぞれLLP-S、NLP、MLP-P-testと呼ぶ。

再液状化実験は初回の液状化実験後にゴム膜のくびれを直して行った。すなわち、液状化によって発生した空隙圧を消散させた後、初回の液状化実験の水平加速度を用いて再度振動台実験を行った。供試体に与えた水平加速度の大きさは、水平震度 $k_h$ に換算して、豊浦砂供試体の場合0.15から0.43、まさ土供試体の場合

表-1 土試料の物理定数

	Toyoura sand	Ube decomposed granite soil
Specific gravity $G_s$	2.655	2.624
Maximum grain size $D_{max}$ (mm)	0.850	4.750
Average grain size $D_{50}$ (mm)	0.185	0.840
Uniformity coefficient $U_c$	1.82	16.62
Maximum void ratio $e_{max}$	0.929	0.902
Minimum void ratio $e_{min}$	0.619	0.569
Fine-grained content FC (%)	0.2	11.2

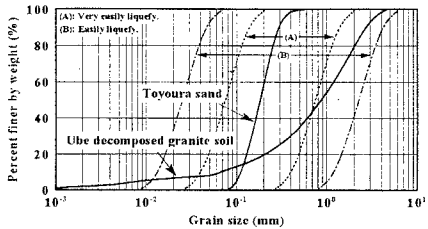
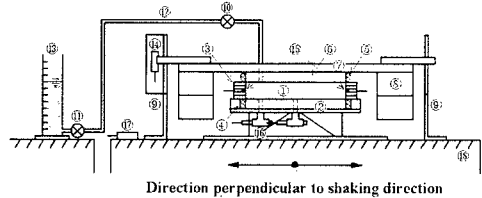


図-1 土試料の粒径加積曲線



- ① Specimen
- ② Shear box
- ③ Polyvinyl chloride rings
- ④ O-rings
- ⑤ Rubber membrane
- ⑥ Loading plates
- ⑦ Stoppers
- ⑧ Lead weights
- ⑨ Valves
- ⑩ Rigid pipe
- ⑪ Measurement cylinder
- ⑫ Displacement transducer
- ⑬ Pressure transducers
- ⑭ Pore water pressure transducer
- ⑮ Accelerometer
- ⑯ Shaking table

図-2 実験装置

0.09 から 0.28 の間で数通りに変化させた。

3. 結果および考察 図-3、図-4には豊浦砂供試体の実験過程における相対密度  $D_r$  および飽和度  $S_r$  の変化状況を示す。図-3 からは供試体の  $D_r$  が初回の液状化後の排水圧密により20%程度増加し、再液状化後の排水圧密で漸増していることが分かる。なお、まさ土供試体の場合、再液状化後の  $D_r$  はすべて100%を超えていた。図-4 から初回の液状化によって  $S_r$  が増加し、各供試体の液状化抵抗の低下が懸念される。

図-5、図-6には、それぞれ豊浦砂供試体およびまさ土供試体について、初回・再液状化実験から得られた液状化抵抗曲線を示す。図中に示す  $a_s$  は生石灰パイロ打設断面積比である。なお、横軸は液状化を生じるまでの繰返し回数  $n_L$ 、縦軸は供試体底面に作用する応力比  $\tau/\sigma'_{vm}$  を示しており、液状化を生じなかった結果については、記号の横に  $\infty$  印を付している。両図から、豊浦砂供試体およびまさ土供試体の再液状化抵抗曲線（実線）は、いずれも初回の液状化抵抗曲線（破線）よりも上位に位置することが分かる。すなわち、初回の液状後に各供試体の  $D_r$  が20%程度増加した結果、完全飽和供試体である NLP および LLP-S だけでなく、液状化後の飽和度  $S_r$  の増加により、その液状化抵抗の低下が危惧された MLP-P および LLP-P の再液状化抵抗も増加していた。また、豊浦砂の MLP-P および LLP-P の初回の液状化抵抗に着目すると、 $a_s$  の増加に伴って液状化抵抗が増加することが確認された。さらに、まさ土供試体の初回の液状化抵抗および再液状化抵抗は、豊浦砂供試体のそれらに比べていずれも小さいことが分かった。

4. まとめ 生石灰パイロを打設した砂質土地盤の初回の液状化特性および再液状化特性を調べるために砂層中心部に生石灰パイロを打設した供試体を作製し、振動台実験を行った。その結果、豊浦砂供試体およびまさ土供試体の再液状化抵抗曲線は、いずれも初回の液状化抵抗曲線よりも上位にあることが明らかになった。また、まさ土供試体に行った実験結果から、供試体の相対密度に伴う再液状化抵抗の増加量は、豊浦砂供試体のそれらに比べて小さいことが分かった。最後に実験を手伝ってくださった篠原智士君に厚く感謝の意を表します。

参考文献 1) 大原資生・山本哲朗 (1989)：繰返しせん断を受けているときの砂の土圧係数について、土木学会論文集、第412号/Ⅲ-12、pp.89~97。

2) 山本哲朗・松永雄紀・瀬川和宏他 (1996)：生石灰パイロ液状化対策工に関する振動台実験、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集、pp.278~279。

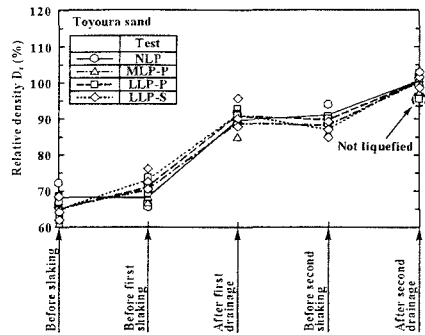


図-3 各実験過程での  $D_r$  の変化状況（豊浦砂供試体）

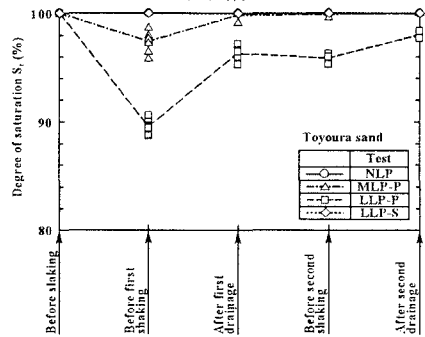


図-4 各実験過程での  $S_r$  の変化状況（豊浦砂供試体）

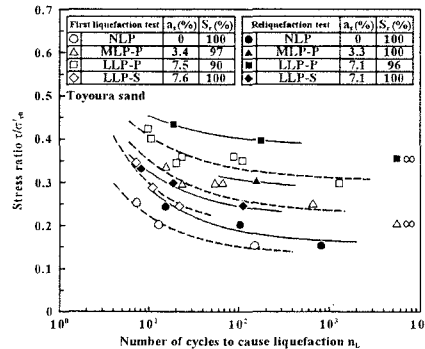


図-5 液状化抵抗曲線（豊浦砂供試体）

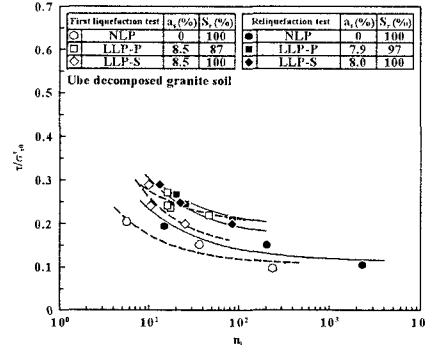


図-6 液状化抵抗曲線（まさ土供試体）