

生石灰パイル液状化対策工法に関する振動台実験

山口大学工学部 正員 山本 哲朗  
 ㈱ニュージェック 松永 雄紀  
 山口大学大学院 学生員 ○伊達 明彦

1. まえがき 生石灰パイル工法は、強力な脱水効果と膨張性をもつ生石灰を粘性土地盤中にパイル状に打設することにより地盤を圧密して強化する工法である。著者らは今回、砂地盤の液状化対策としての本工法の有効性を検討するために、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って、その液状化特性を調べた。本文では、その実験方法および結果を述べる。

2. 実験装置および方法 実験に用いた土試料は、市販の豊浦標準砂（以下、豊浦砂という）および宇部市のまさ土地山表面層で採取された宇部まさ土（以下、まさ土という）である。表-1 および図-1 には、それぞれ両土試料の物理定数および粒径加積曲線を示す。また、パイル材料として㈱カルシード製の工業用生石灰（特号）を用いた。

実験には、図-2 に示すケルマン型単純せん断箱を用いた。せん断箱の仕様の詳細については先の論文<sup>1),2)</sup>を参照されたい。

供試体の作製方法は以下のとおりである。外径7.8cmの鋼製のパイプを用いて内径29.8cmのせん断箱を同心円状に仕切り、せん断箱内の外周部に飽和砂層を作製した。次に鋼製パイプ内に生石灰を205.8g投入し、パイプを引き抜くことで生石灰に土中水を脱水させ、生石灰パイルと不飽和化した砂層から成る供試体を作製した。その際、生石灰の消化反応開始直後に供試体表面上載圧49.0kPaを作用させ、生石灰パイルの強度増加を図っている。

このようにして作製した供試体に周期  $T=1/3\text{sec}$  で、振幅一定の正弦波状の水平加速度を与えた。以下では、この実験をLLP-P-testと呼ぶことにする。また、比較実験のために、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、砂層単味の飽和供試体が作製された。さらに、鋼製パイプの外径と投入した生石灰量が、それぞれ5.1cm、87.1gと異なる不飽和供試体も作製され、各供試体にLLP-P-testと同様の振動台実験が行われた。これら3種類の実験については、以後それぞれ、LLP-S-test、NLP-test、MLP-P-testと呼称する。なお、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には0.15から0.42、まさ土供試体の場合には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、それぞれ豊浦砂供試体およびまさ土供試体について、供試体底面に作用する応力比  $\tau/\sigma'_v$  と液状化を生じるまでのせん断応力の繰返し回数  $n_L$  の関係から得られた液状化抵

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 $D_{60}$ (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
Fines content FC (%)	0.2	11.2

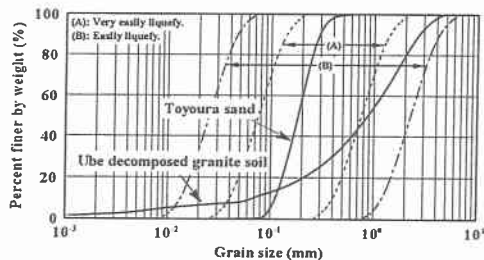
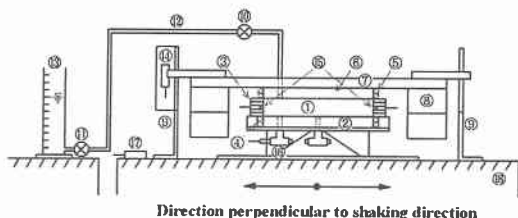


図-1 土試料の粒径加積曲線



- ① Specimen
- ② Shear box
- ③ Polyvinyl chloride rings
- ④ O-rings
- ⑤ Rubber membrane
- ⑥⑦ Loading plates
- ⑧ Lead weights
- ⑨ Stoppers
- ⑩⑪ Valves
- ⑫ Rigid pipe
- ⑬ Measurement cylinder
- ⑭ Displacement transducer
- ⑮ Pressure transducers
- ⑯ Pore water pressure transducer
- ⑰ Accelerometer
- ⑱ Shaking table

図-2 実験装置

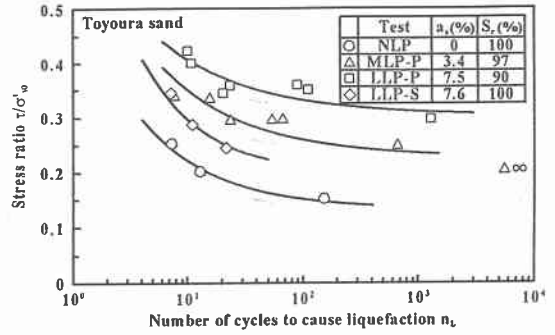
抗曲線を示す。ここに、図中の表に示す  $a_s$  および  $S_r$  は、それぞれ生石灰パイルの断面積を供試体の断面積で除して得られる面積比および砂層部分の飽和度である。なお、液状化を生じなかった結果については記号の横に  $\infty$  の印を付している。両図から、豊浦砂供試体およびまさ土供試体ともに、 $a_s$  の増加および  $S_r$  の減少に伴って液状化抵抗が増加していることが分かる。また、LLP-S-test の曲線に着目してみると、NLP-test と LLP-P-test の曲線に挟まれて位置していることが見て取れる。すなわち、NLP-test と LLP-S-test との  $\tau/\sigma'_{v0}$  の差は生石灰パイル打設による  $\tau/\sigma'_{v0}$  の増加量を表し、LLP-S-test と LLP-P-test との  $\tau/\sigma'_{v0}$  の差は飽和度の減少によってもたらされた増加量を表していると考えられる。

図一5、図一6には、それぞれ豊浦砂供試体およびまさ土供試体の実験結果について、 $n_L=20$  の時の液状化抵抗  $R (= \tau/\sigma'_{v0})$  を NLP-test のそれと除して得られる液状化抵抗比と  $a_s$  の関係を示す。両図から、 $a_s$  の増加と  $S_r$  の減少が生石灰パイルを打設した供試体の液状化抵抗の増加にどのような割合で関与するのかが分かる。また、両図を比較すると、まさ土供試体の液状化抵抗の全増加量に占める  $a_s$  の増加による増加量と  $S_r$  の減少による増加量の割合が、豊浦砂供試体のそれとは大きく異なることが分かる。

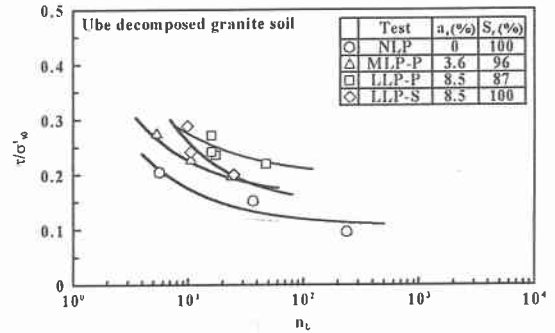
4. まとめ 生石灰パイルを打設した砂地盤の液状化特性を調べるために、砂層中央部に生石灰パイルを打設した供試体を作製し、これについて振動台実験を行った。その結果、LLP-S-test の液状化抵抗の増加が  $a_s$  の増加から生じているのに対し、MLP-P-test および LLP-P-test の液状化抵抗の増加は  $a_s$  の増加と  $S_r$  の減少との相乗効果によってもたらされることが明らかになった。また、豊浦砂供試体の実験結果と比較して、まさ土供試体の方が、 $a_s$  の増加による液状化抵抗の増加量が大きいことが明らかになった。最後に、実験を手伝って下さった篠原智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.

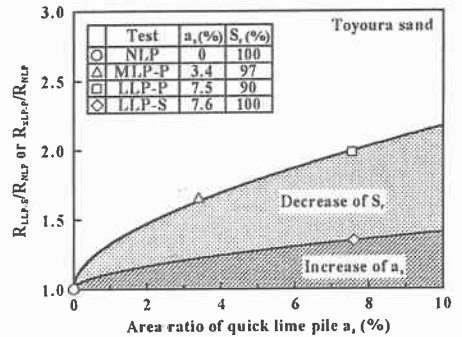
2) 山本哲朗・松永雄紀・瀬川和宏他 (1996) : 生石灰パイル液状化対策工に関する振動台実験, 土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集, pp. 278~279.



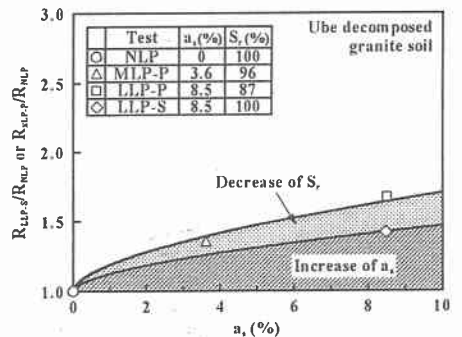
図一3 液状化抵抗曲線 (豊浦砂供試体)



図一4 液状化抵抗曲線 (まさ土供試体)



図一5 液状化抵抗比と  $a_s$  の関係 (豊浦砂供試体)



図一6 液状化抵抗比と  $a_s$  の関係 (まさ土供試体)