

生石灰パイルを打設した砂地盤の 液状化特性に関する振動台実験

松永雄紀¹・山本哲朗²・伊達明彦³

¹株式会社ニュージェック

²社会建設工学科

³大学院社会建設工学専攻

粘性土地盤の静的な改良工法の一つである生石灰パイル工法は、砂地盤の液状化抵抗を高める工法としての利用も考えられる。著者らは今回、生石灰パイルを打設した砂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、砂層中央部に直径の異なる生石灰パイルを打設した供試体を作製し、これらの振動台実験を行った。その結果、生石灰パイルの面積比 a_s が増加するにつれて生石灰パイルを打設した供試体の液状化抵抗は、増加することが明らかになった。また、液状化後の排水圧密による砂層部分の相対密度の増加に起因して、生石灰パイルを打設した供試体の再液状化抵抗は、それらの初回の液状化抵抗よりも増加することが明らかになった。

Key Words : Liquefaction, Sand, Lime, Partially Saturated Soil, Decomposed Granite Soil

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軟弱地盤中にパイル状に打設することにより、土中水を急速に脱水すること、およびパイル自身の体積が約2倍に膨張することにより地盤を強制的に圧密して改良する工法である。本工法は従来、粘性土地盤の静的な改良として用いられてきたが、飽和砂地盤の液状化抵抗を高める工法としての利用も考えられる。

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地盤の初回の液状化特性および再液状化特性を調べた。本論文では、その実験方法と結果を述べる。

2. 試料および実験装置

実験に用いた土試料は、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の表層部で採取された宇部まさ土（以下、まさ土という）である。Table 1 および Fig. 1 には、それぞれ両土試料の物理定数お

Table 1 Physical properties of samples.

	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
Fines content FC (%)	0.2	11.2

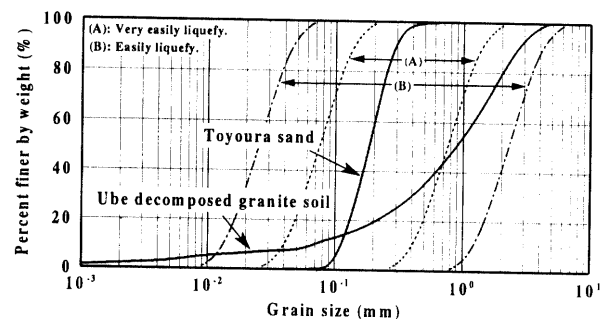


Fig. 1 Grain size distribution curves of samples.

および粒径加積曲線を示す。まさ土は4.75mmふるいを通過させて得られた粒度調整試料である。また、パイル材料として(株)カルシード製の特号工業用生石灰を

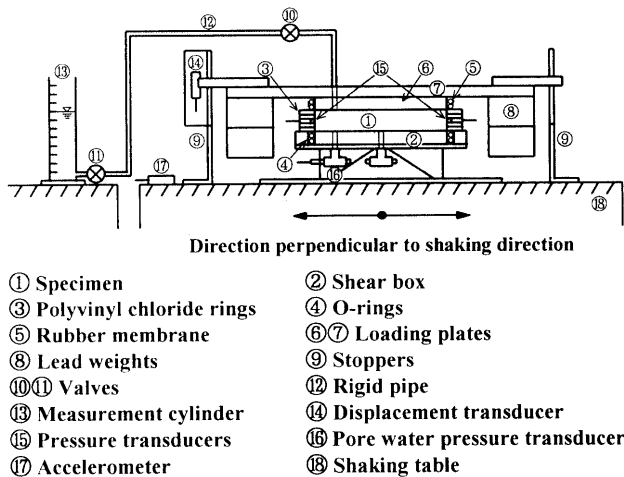


Fig. 2 Test apparatus used.

用いた。この生石灰は、酸化カルシウム CaO の純度が 97.1%と高いものである。

実験には Fig. 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^{1), 2), 3)}に譲り、ここでは以下に略述する。せん断箱は、内径 30.0cm、外径 35.0cm、厚さ 1.0cm のドーナツ状の塩化ビニール板製リングを 4 枚積み重ね、その上に載荷板を供試体表面に確実に載せるため、外径と厚さは同じで内径が 30.2cm の同質のリング 1 枚を加えた計 5 枚で構成される。その際、上から 3 枚目のリングには、供試体側方の水平応力を測定できるように、内側の 4 箇所（互いに 90 度をなす角で、振動方向に 2 箇所、振動方向に直交する方向に 2 箇所）に小型圧力変換器（受圧面径：6mm）を取り付けたものを用いた。

3. 実験方法

供試体の作製方法は以下のとおりである。まず、鋼製のパイプを脱気水を満たしたせん断箱の中央部に置き、そ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投入し、パイプを引き抜くことで生石灰によって間隙水を吸収させ、消石灰パイルと不飽和化した砂層からなる供試体を作製した。その際、パイル径によって供試体の液状化抵抗がどのように変化するかを調べるために、鋼製パイプの径をかえて生石灰量が異なる 3 種類の不飽和供試体を作製した。また、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た供試体も作製した。さらに、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も作製された。豊浦砂供試体およびまさ土供試体の砂層部分の相対密度 D_r は 70% を目標とした。

Table 2 Classification of Toyoura sand specimens.

Specimen	D_p (cm)	a_s (%)	S_r (%)
NLP	0	0	100
SLP	4.1	1.9	99
MLP	5.3	3.2	95
MLP-P	5.5	3.4	97
LLP	7.8	6.9	87
LLP-P	8.2	7.5	90
LLP-S	8.2	7.6	100

Table 2 には豊浦砂供試体の種類とそれぞれの生石灰パイルの直径 D_p 、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生石灰パイル打設面積比 a_s および砂層部分の飽和度 S_r の平均値を示す。供試体の高さは約 6cm である。Table 2 において、砂層単味の飽和供試体を NLP、生石灰パイルを打設した供試体のうち a_s の小さいものから順に、それぞれ SLP、MLP、LLP と呼ぶ。ここに、ハイフンに続く P は生石灰パイルに上載圧を加えた供試体を、S は再飽和させた供試体であることを意味する。

次に各供試体に周期 $T=1/3\text{sec}$ で、振幅一定の正弦波状の水平加速度を与え、初回の液状化実験を行った。また、再液状化実験は初回の液状化実験の終了後、一部の供試体に継続して行われた。すなわち、振動台停止後に供試体に発生した間隙圧を完全に消散させ、初回の実験とほぼ等しい加速度を供試体に与えた。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 0.43、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。

実験時には、振動台の加速度、供試体底面中心部から 10cm 離れた位置での間隙水圧、供試体表面でのせん断変位振幅および供試体側方に生じる水平応力が測定された。それらの測定はそれぞれ加速度計（容量：5g）、間隙水圧計（容量：980kPa）、抵抗線ひずみ計式変位計（容量：10mm）および小型圧力変換器（容量：196kPa）によって行われ、測定値は全てペン書きオシロに記録した。

4. 結果および考察

Fig. 3 には、豊浦砂供試体に行った NLP-test および SLP、MLP、LLP-test から得られた各実験過程での D_r の変化状況を示す。すなわち、生石灰パイルの消化反応前（以下、消化前）、振動台の駆動直前（以下、振動前）および実験後の間隙圧の消散後（以下、排水後）のそれらを示す。図から、生石灰パイルの消化反応後、 D_r は微増し、液状化後の排水により急増していることが分かる。なお、液状化を生じなかった供試体の排水

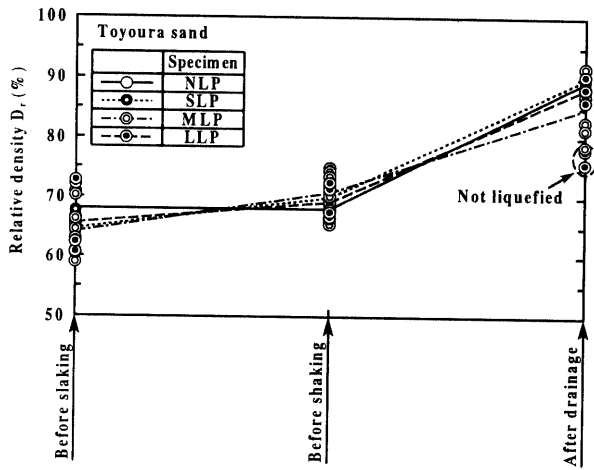


Fig. 3 Variation of D_r of each specimen before slaking, before shaking and after drainage obtained from NLP, SLP, MLP and LLP-test (Toyoura sand).

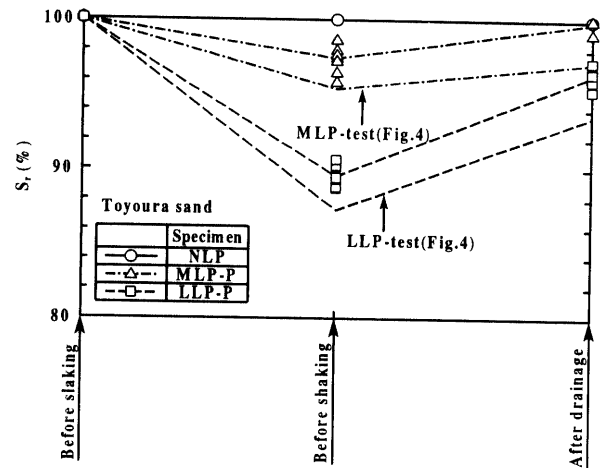


Fig. 5 Variation of S_r of each specimen before slaking, before shaking and after drainage obtained from NLP, MLP-P and LLP-P-test (Toyoura sand).

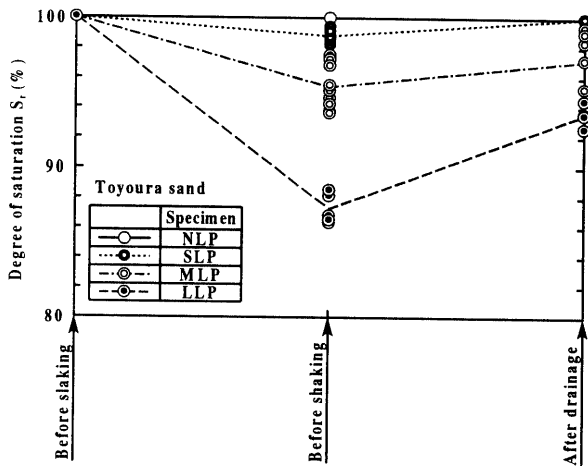


Fig. 4 Variation of S_r of each specimen before slaking, before shaking and after drainage obtained from NLP, SLP, MLP and LLP-test (Toyoura sand).

後の D_r は微増であった。

Fig. 4 は, Fig. 3 と同様の実験から得られた S_r の変化状況である。この図から, NLP の S_r が各段階とも 100% で一定であるのに対し, 振動前の SLP, MLP, LLP の S_r は, 平均でそれぞれ 98.8, 95.4, 87.2% にまで減少していることが分かる。

Fig. 5 には, 豊浦砂供試体に行った NLP-test および MLP-P, LLP-P-test から得られた S_r の変化状況を示す。図から, 上載圧を加えた各供試体の S_r は, 上載圧を与えていない供試体のそれに比べて 2.1~2.8% 高いことが分かる。生石灰パイルの消化反応時に失われる全水量は, 1) 生石灰パイルの消化反応に必要な水量, 2) 絶乾状態のパイルと周辺砂層との間で平衡状態に達するまでパイル側に吸収される水量, 3) 消化反応時に発生する高熱により蒸発する水量の 3 つに大別できる。生石灰パイルの消化反応開始直後に上載圧を与えた

供試体では, 外気から完全に遮断されるので, 3) による砂層中水の減少は無視することができる。一方, 上載圧を与えない供試体ではそれが少なからず生じる。したがって, 両供試体のこの差が S_r の差異に現れたと考えられる。

Fig. 6(a)~Fig. 6(c)には, 豊浦砂の NLP-test の時刻歴の代表例として, No.6 の場合を示す。図は上から順に, (a) 全水平応力 σ_r の最大値 (記録波形の山の部分) を有効鉛直応力 σ'_{v0} で除して得られる土圧係数 σ_r/σ'_{v0} および間隙水圧比 u/σ'_{v0} の時刻歴, (b) σ_r の最小値 (記録波形の谷の部分) を σ'_{v0} で除して得られる土圧係数 σ_r/σ'_{v0} および u/σ'_{v0} の時刻歴, (c) せん断ひずみ γ の時刻歴である。なお, $\theta=0^\circ$ は振動方向, $\theta=90^\circ$ は振動方向と直交する方向を表している。

図中に示すように, 振動前の供試体の D_r は 65.4%, S_r は 100.0% である。また, 振動前に測定された静止土圧係数 $K_0 (= \sigma'_r/\sigma'_{v0})$ は 4 測点の平均で 0.25 であった。供試体に与えた水平加速度の大きさは $k_h=0.25$ であり, $n_L=7.3$ で液状化を生じた例である。ここで, n_L は液状化を生じるまでのせん断応力の繰返し回数を表す。なお, 本論文における液状化は, γ が両振幅で 10% に到達したときと定義した。これは, 本論文で取り扱う供試体には不飽和なものも含まれており, そのような供試体では間隙水圧は初期有効応力に等しくなることはないために, 液状化をそのように定義した。

Fig. 6(a)~Fig. 6(c)には次の特徴が見られる。各測点の σ_r/σ'_{v0} は, 振動開始時から一斉に増加し, $\gamma=10\%$ 付近で u/σ'_{v0} と等しくなる。なお, $\gamma=10\%$ 到達時の $u/\sigma'_{v0}=0.89$ であった。液状化後, σ_r/σ'_{v0} は増減を繰返すが, 振動方向 ($\theta=0^\circ$) の σ_r/σ'_{v0} の増減がそれと直交方向 ($\theta=90^\circ$) のそれらに比べて顕著である。

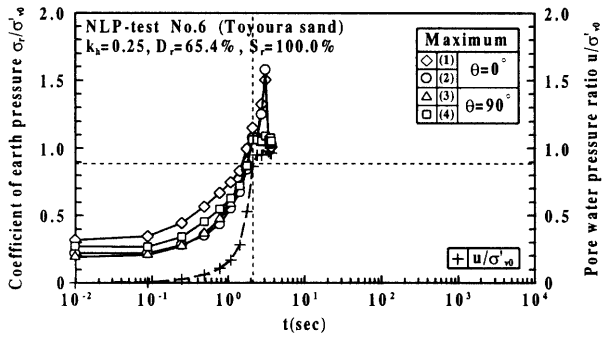


Fig. 6(a) Time histories of maximum coefficient of earth pressure σ_r/σ'_{v0} and pore water pressure ratio u/σ'_{v0} for NLP-test (No.6, Toyoura sand).

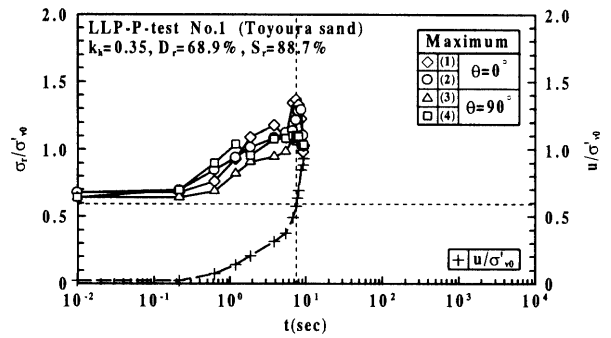


Fig. 7(a) Time histories of σ_r/σ'_{v0} (maximum) and u/σ'_{v0} for LLP-P-test (No.1, Toyoura sand).

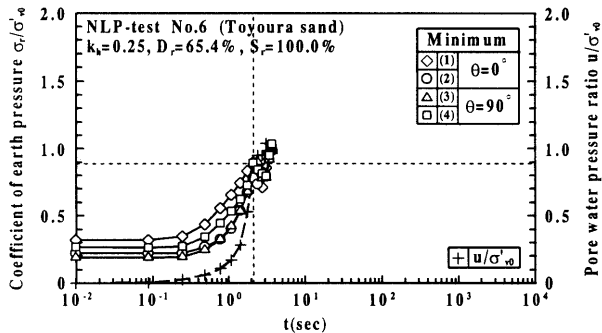


Fig. 6(b) Time histories of minimum coefficient of earth pressure σ_r/σ'_{v0} and pore water pressure ratio u/σ'_{v0} for NLP-test (No.6, Toyoura sand).

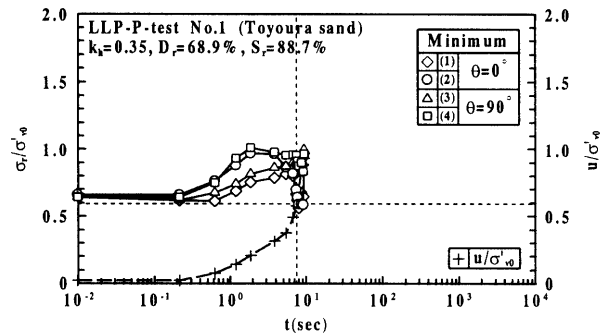


Fig. 7(b) Time histories of σ_r/σ'_{v0} (minimum) and u/σ'_{v0} for LLP-P-test (No.1, Toyoura sand).

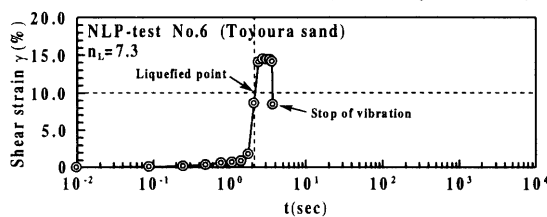


Fig. 6(c) Time history of shear strain γ for NLP-test (No.6, Toyoura sand).

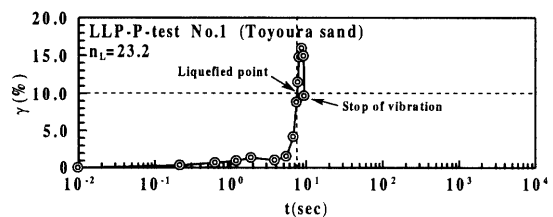


Fig. 7(c) Time history of γ for LLP-P-test (No.1, Toyoura sand).

Fig. 7(a)~Fig. 7(c)には、豊浦砂のLLP-P-testの時刻歴の代表例として、No.1の場合を示す。 $k_h=0.35$ で行われ、供試体は $D_r=68.9\%$ および $S_r=88.7\%$ である。 $n_L=23.2$ の時に液状化が生じた。なお、振動前に測定した4測点の K_0 値はほぼ等しく0.65である。図から、振動前の供試体の S_r が88.7%と低いことから、液状化時でも u/σ'_{v0} が0.60と低い値を示していることが分かる。

Fig. 6(a)~Fig. 6(c)に示すNLP供試体(No.6)の実験結果とFig. 7(a)~Fig. 7(c)に示すLLP-P供試体(No.1)のそれを比較してみると、LLP-P供試体に与えた水平加速度は $k_h=0.35$ であり、NLP供試体に与えた $k_h=0.25$ よりも大きいにもかかわらず、LLP-P供試体の n_L はNLP供試体の n_L よりも16程度大きいことが分かる。これは、 $D_p=8.2\text{cm}$ の生石灰パイル打設に起因する供試体の K_0 値の増加と S_r の減少との相乗効果により、LLP-P供試体の液状化抵抗が大幅に増加したためであると考えられる。

Fig. 8は豊浦砂供試体に行ったNLP-testおよびSLP, MLP, LLP-testから得られた各供試体の液状化抵抗曲線を示している。なお、横軸は n_L 、縦軸は供試体底面に作用する応力比 τ/σ'_{v0} を表しており、液状化を生じなかった結果については記号の横に ∞ の印を付している。図から、 a_s の増加および S_r の減少に伴って供試体の液状化抵抗が増加していることが明らかである。また、各曲線は n_L が大きくなるにつれて勾配がゆるやかになり、ついには横軸とほぼ平行になる。すなわち、各曲線が横軸と平行になるときの限界の応力比 τ/σ'_{v0} 以下では液状化が発生しない。その τ/σ'_{v0} の大きさは、NLPおよびSLP, MLP, LLP供試体に対してそれぞれ0.13, 0.19, 0.22および0.30と求められる。液状化を生じなかったMLP供試体とLLP供試体の τ/σ'_{v0} が、それぞれ0.20, 0.25であり、それらの限界応力比以下となっている。次に、 $n_L=20$ の時の応力比を液状化抵抗 R とし、SLP, MLP, LLP供試体について得られた液状化抵抗 R_{xLP} ($x: S, M, L$)を、NLP供試体の

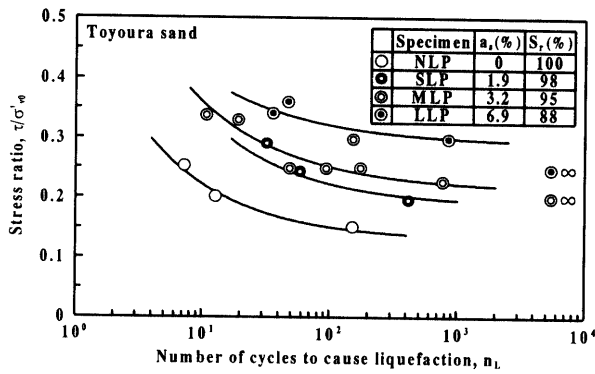


Fig. 8 Liquefaction resistance curves for NLP, SLP, MLP and LLP-test (Toyoura sand).

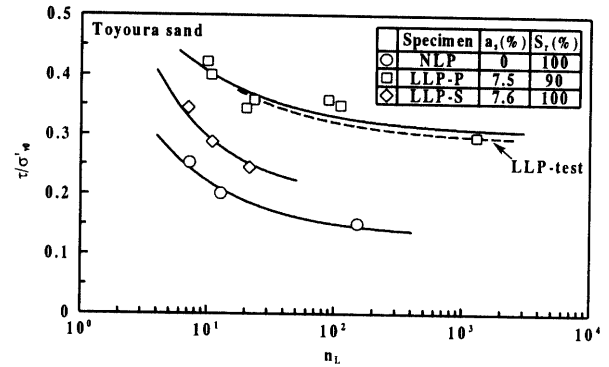


Fig. 9 Liquefaction resistance curves for NLP, LLP-P and LLP-S-test (Toyoura sand).

液状化抵抗 R_{NLP} で除して、液状化抵抗比 R_{XLP}/R_{NLP} を求めた。その結果、SLP、MLP および LLP 供試体の R は、それぞれ 0.28、0.31 および 0.37 と求まり、NLP 供試体の R を 1.0 とした際の R_{XLP}/R_{NLP} は、それぞれ 1.48、1.65 および 1.95 となった。

Fig. 9 には、豊浦砂供試体に行った NLP-test および LLP-P、LLP-S-test の結果から得られた各供試体の液状化抵抗曲線を示す。この図には、前述した LLP 供試体の曲線も点線で示している。LLP 供試体と LLP-P 供試体の曲線を比較してみると、両者の液状化抵抗には顕著な差異は認められないことが分かる。その理由として、供試体の液状化抵抗を増加させる因子とそれを減少させる因子が互いに影響し、相殺されていることが考えられる。本実験では供試体の液状化抵抗を増加させる因子としては、 a_s および K_0 値の増加が挙げられる。Table 2 から分かるように、生石灰パイルの消化反応時に上載圧 49.0kPa を作用させた生石灰パイルは、上載圧を作用させていないそれに比べて密実となり a_s が増加した。また、 a_s の増加に伴い K_0 値も増加していると考えられ、これらの因子が供試体の液状化抵抗を増加させたものと思われる。これに対し、供試体の液状化抵抗を減少させる因子として、 S_r の増加が挙げられる。上載圧を加えた供試体の S_r が、上載圧を加えていない供試体のそれに比べて 2.1~2.8%高い点については、Fig. 5 の考察のところで既に述べた。吉見ら⁴⁾の実験結果からも分かるように、本実験で作製した供試体の S_r 、すなわち、86.3~100.0%の範囲では、2.1~2.8%の S_r の増加に起因する液状化抵抗の減少の割合はかなり大きいと思われる。以上に述べたように、供試体の液状化抵抗の大きさに影響を与える相反する因子が互いに打ち消し合うことにより、LLP-P 供試体と LLP 供試体の液状化抵抗に見かけ上の差異が認められなかったものと考えられる。

次に、LLP-S 供試体の液状化抵抗曲線に着目すると、それは NLP 供試体および LLP-P 供試体の曲線に挟ま

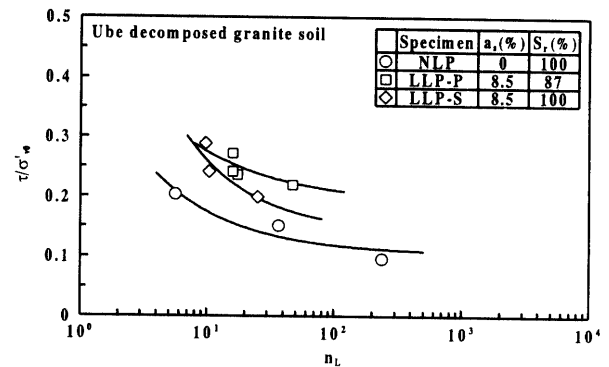


Fig. 10 Liquefaction resistance curves for NLP, LLP-P and LLP-S-test (Ube decomposed granite soil).

れて位置していることが分かる。すなわち、NLP 供試体と LLP-S 供試体との液状化抵抗の差は生石灰パイル打設によって生じ、LLP-S 供試体と LLP-P 供試体との液状化抵抗の違いは S_r の減少によって生じたと考えられる。

Fig. 10 には、まさ土供試体に行った NLP-test および LLP-P、LLP-S-test の結果から得られた各供試体の液状化抵抗曲線を示す。Fig. 9 と Fig. 10 を比較して、まさ土の NLP 供試体の液状化抵抗は、豊浦砂のそれよりも小さいことが分かる。すなわち、豊浦砂の NLP 供試体は $R_{NLP}=0.19$ に対し、細粒分を 11.2%含むまさ土の R_{NLP} は 0.15 であって豊浦砂供試体の 8 割弱の液状化抵抗値となっている。この結果は、まさ土供試体の液状化抵抗が細粒分含有率 $FC=0\sim10\%$ の間で急激に低下し、 $FC=10\%$ の供試体の乾燥密度が最も大きいにもかかわらず、その液状化抵抗が $FC=0\%$ の土試料の 70%程度であったという、佐藤ら⁵⁾の研究結果に近いものであった。また、両試料による生石灰パイルを打設した供試体の R に着目してみても、豊浦砂供試体の R の方が、まさ土供試体のそれよりも大きいことが明らかである。

Fig. 11 は豊浦砂供試体の実験から得られた LLP-S 供

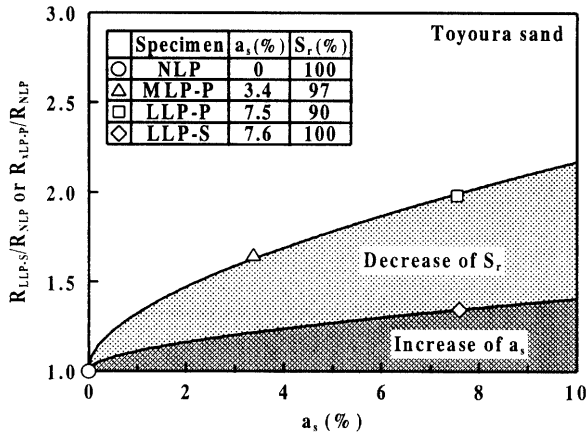


Fig. 11 Relationship between liquefaction resistance ratio, R_{LLP-S}/R_{NLP} or R_{XLP-P}/R_{NLP} area ratio of quick lime pile a_s (Toyoura sand).

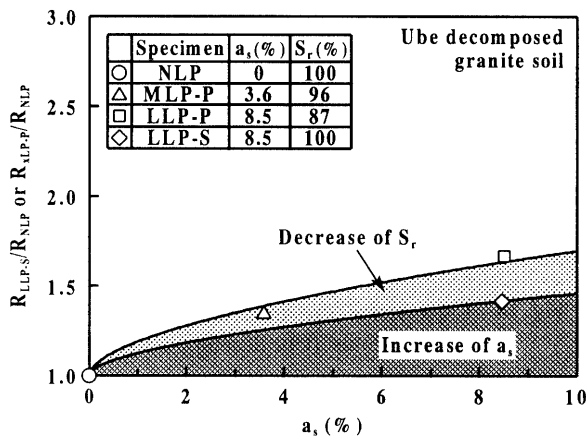


Fig. 12 Relationship between R_{LLP-S}/R_{NLP} or R_{XLP-P}/R_{NLP} and a_s (Ube decomposed granite soil).

試体の R_{LLP-S} および MLP-P, LLP-P 供試体の R_{XLP-P} ($X: M, L$) を R_{NLP} で除して得られる R_{LLP-S}/R_{NLP} および R_{XLP-P}/R_{NLP} と a_s の関係を示している。同様に Fig. 12 はまさ土供試体の場合の結果を示す。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を見ることができる。すなわち、LLP-S 供試体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て、MLP-P, LLP-P 供試体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を示している。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。すなわち、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く、 S_r の減少による液状化抵抗の増加量が小さいことが見て取れる。

Fig. 13, Fig. 14 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、初回の液状化実験および再液

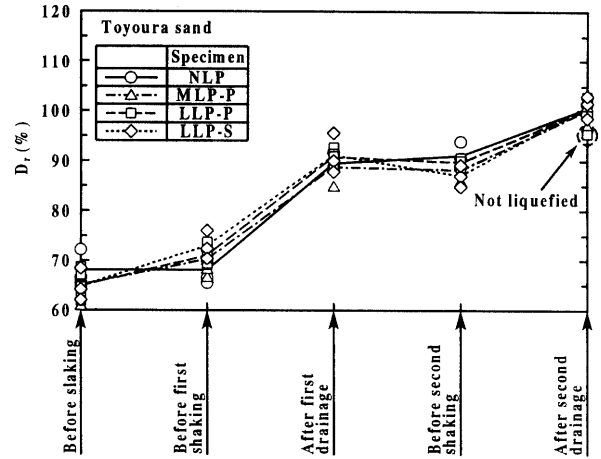


Fig. 13 Variation of D_r of each specimen before slaking, before first shaking, after first drainage, before second shaking and after second drainage (Toyoura sand).

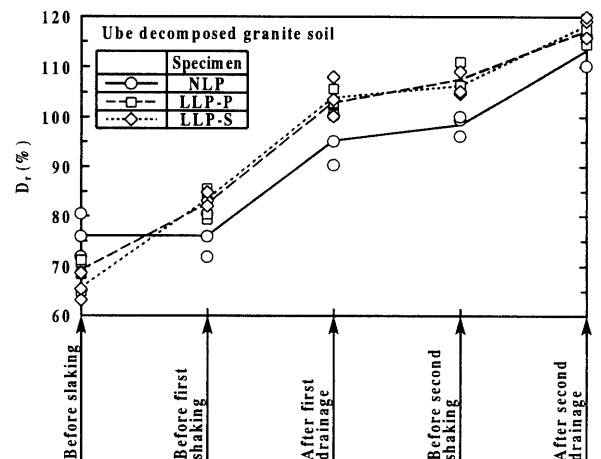


Fig. 14 Variation D_r of each specimen before slaking, before first shaking, after first drainage, before second shaking and after second drainage (Ube decomposed granite soil).

状化実験での D_r の変化状況を示す。両図から、各供試体の D_r は、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さらに微増していることが分かる。また、まさ土供試体の生石灰パイルの消化反応前後の D_r の変化量は Fig. 14 に示す豊浦砂供試体のそれよりもかなり大きく、上載圧や生石灰パイルの膨張圧に起因するまさ土供試体の密度変化は、豊浦砂供試体のそれに比べて大きいことが示された。

Fig. 15(a)~Fig. 15(c)は豊浦砂供試体に行った MLP-P-test の初回の液状化実験から得られた時刻歴の代表例 (No.4) としての時刻歴を示す。供試体は $D_r=72.9\%$, $S_r=98.6\%$ である。 $k_h=0.29$ の加速度で $n_L=23.5$ の時に液状化が発生した。その時の u/σ'_{v0} は 0.87 である。振動

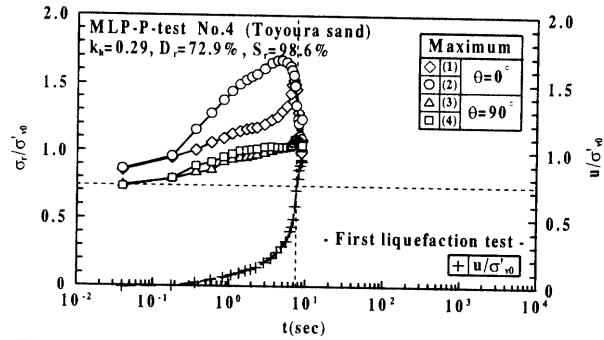


Fig. 15(a) Time histories of σ_r/σ'_{v0} (maximum) and u/σ'_{v0} for MLP-P-test (No.4, first liquefaction test, Toyoura sand).

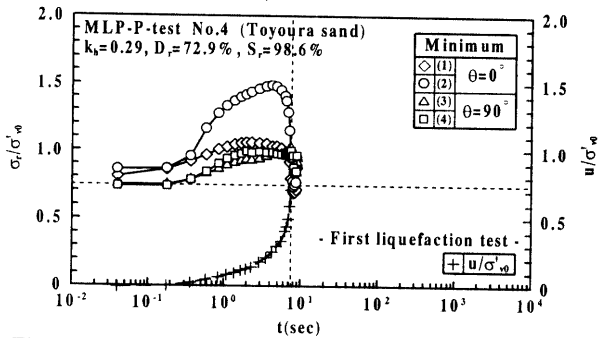


Fig. 15(b) Time histories of σ_r/σ'_{v0} (minimum) and u/σ'_{v0} for MLP-P-test (No.4, first liquefaction test, Toyoura sand).

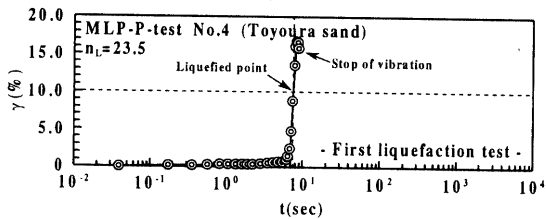


Fig. 15(c) Time history of γ for MLP-P-test (No.4, first liquefaction test, Toyoura sand).

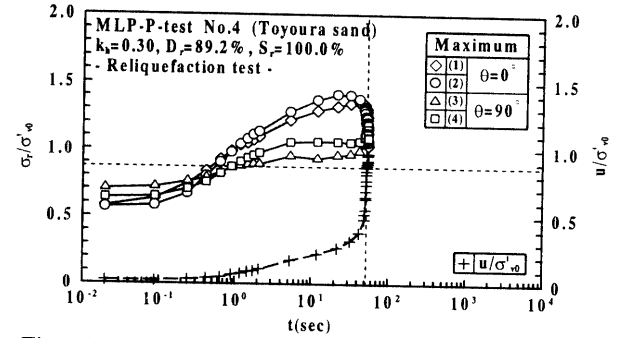


Fig. 16(a) Time histories of σ_r/σ'_{v0} (maximum) and u/σ'_{v0} for MLP-P-test (No.4, reliquefaction test, Toyoura sand).

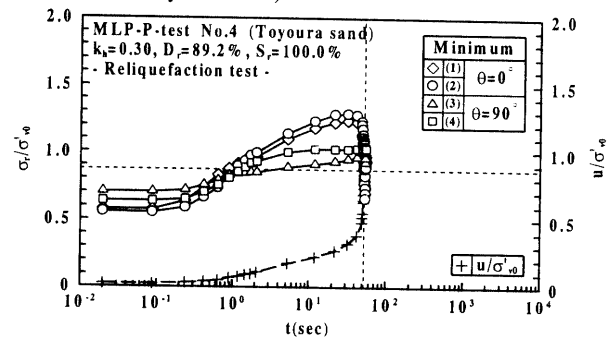


Fig. 16(b) Time histories of σ_r/σ'_{v0} (minimum) and u/σ'_{v0} for MLP-P-test (No.4, reliquefaction test, Toyoura sand).

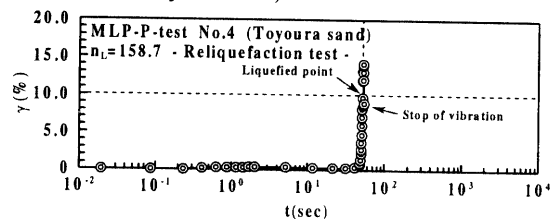


Fig. 16(c) Time history of γ for MLP-P-test (No.4, reliquefaction test, Toyoura sand).

前に測定した K_0 値は 4 測点の平均で 0.79 である。

Fig. 16(a)~Fig. 16(c)には、豊浦砂供試体に行った MLP-P-test (No.4)の再液状化実験の時刻歴を示す。供試体は $D_r=89.2\%$, $S_r=100.0\%$ である。 $k_h=0.30$ の加速度で $n_L=158.7$ の時に液状化が発生した。その時の u/σ'_{v0} は 0.87である。振動前に測定した 4 測点の K_0 値は 0.62 である。

2つの時刻歴を比較してみると、初回の液状化後の排水圧密により供試体の D_r および S_r は、それぞれ 16.3%および 1.4%増加しており、その結果、 n_L が 135.2 増加していることが分かる。このことは、 S_r が 1.4%増加することによる供試体の液状化抵抗の減少量に対して、 D_r が 16.3%増加することによる供試体の液状化抵抗の増加量の方が大きかったため、結果として供試体の再液状化抵抗が増加したものと考えられる。

Fig. 17, Fig. 18 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、初回の液状化実験および再液状化実験から得られた液状化抵抗曲線を示す。両図か

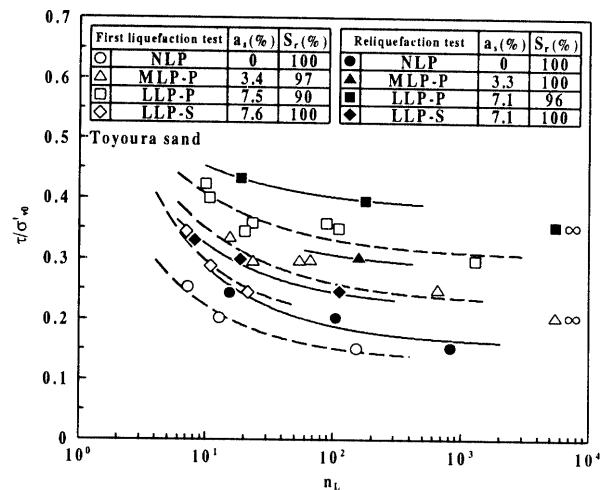


Fig. 17 First liquefaction and reliquefaction curves obtained by NLP, MLP-P, LLP-P and LLP-S-tests (Toyoura sand).

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、初回の液状化抵抗曲線(破線)より

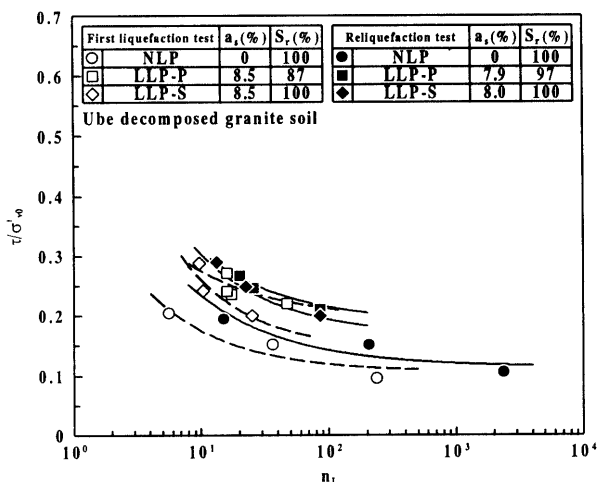


Fig. 18 First liquefaction and reliquefaction curves obtained by NLP, LLP-P and LLP-S-tests (Ube decomposed granite soil).

上位にあることが分かる。また、まさ土供試体の実験結果から、排水圧密による供試体の D_r の増加に伴う再液化抵抗の増加量は、豊浦砂供試体のそれに比べて小さいことが分かった。

5. まとめ

生石灰パイルを打設した砂地盤の初回の液化特性および再液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て振動台実験を行った。結果は以下のように要約できる。

1) 豊浦砂の NLP 供試体の、液化抵抗 R を 1 とした場合、SLP、MLP および LLP 供試体の R は、それぞれのそれぞれ 1.48、1.65 および 1.95 倍であり、 a_s が増加するにつれて生石灰パイルを打設した供試体の液化抵抗は増加する。

2) LLP-S 供試体の液化抵抗の増加が a_s の増加によってもたらされるのに対し、MLP-P 供試体および LLP-P 供試体の液化抵抗の増加は 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。また、 a_s の増加による液化抵抗の増加量は豊浦砂供試体の方がまさ土供試体よりも大きい。

3) 細粒分を 11.2% 含むまさ土の NLP 供試体の液化抵抗は、豊浦砂のその 8 割弱の値である。

4) 豊浦砂供試体およびまさ土供試体の再液化抵抗曲線は、いずれも初回の液化抵抗曲線より上位にある。

5) まさ土供試体の D_r の増加に伴う再液化抵抗の増加量は、豊浦砂供試体のそれに比べて小さい。

謝辞：実験ならびに結果の整理を手伝って頂いた、篠原智士君に厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Ohara, S., Yamamoto, T. and Yurino, H. (1992) : Experimental Study on Reliquefaction Potential of Saturated Sand Deposit, Proc. of the 10th WCEE, Vol. III, pp.1425~1430.
- 2) 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.
- 3) 山本哲朗, 松永雄紀, 瀬川和宏他 (1996) : 生石灰パイル液化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.
- 4) Yoshimi, Y., Tanaka, K. and Tokimatsu, K. (1989) : Liquefaction Resistance of a Partially Saturated Sand, Soils and Foundations, Vol.29, No.3, pp.157~162.
- 5) 佐藤正行, 小田匡寛, 柴田昌則他 (1996) : 埋立地盤の液化特性に及ぼす細粒分の影響 (その 2), 第 31 回地盤工学研究発表会論文集, pp. 975~976.

(1997.4.14 受理)

SHAKING TABLE TESTS ON LIQUEFACTION CHARACTERISTICS OF SAND DEPOSITS INSTALLED A QUICK LIME PILE

Taketoshi MATSUNAGA, Tetsuro YAMAMOTO, Akihiko DATE

Shaking table tests were performed in order to investigate the first liquefaction and reliquefaction characteristics of sand layer installed a quick lime pile. It was found from the tests that the liquefaction resistance of Toyoura sand and Ube decomposed granite soil specimens installed a quick lime pile increased with increasing the area ratio of quick lime pile a_s . It was also found that the reliquefaction resistance of both specimens were higher as compared with the first liquefaction resistance of them because of increase of relative density due to the drainage after liquefaction.