

# 液状化に対する骨格強度の影響について

奥村 哲夫 大根 義男

## Influence of Soil Skeleton on Liquefaction Potential

Tetsuo OKUMURA Yoshio OHNE

近年、地震時における地盤の液状化に関する研究が盛んに行なわれるようになった。液状化は通常、実験室で求めた液状化発生応力と、地震時の地盤内応力を応答解析から求めた値とを対比することによって判定される。

本論文は主として骨格を有する飽和砂の液状化、すなわち、砂の骨格強度の液状化に対する影響を調べたものである。なお、実験には振動三軸試験機を用いた。

### 1. はじめに

近時、土質構造物の大型化に伴ってこれに関する耐震設計法の確立が急務とされている。このなかで飽和砂質土の液状化に関する研究は新潟地震（1964年）以後多くの研究機関で行なわれ、一連の成果を得ている。これらの研究は主として粒子間の骨格強度を持たない、いわゆる二次准積の砂地盤を対象としたものである。そして液状化発生の可能性については応力比 ( $\tau_d/\sigma'_v$ ) と相対密度 ( $D_r$ ) を似て判定している。しかし、サンフェ

ルナンド地震（1971年、 $M=6.6$ ）によるVan Normanダムの崩壊は、施工がハイドロリックフィルであったことから、比較的ルーズに構成された骨格が地震外力により破壊され液状化が発生したのではないかと報告されている<sup>1)</sup>。このことから骨格を有する砂質土は外力の大きさによってその構造が破壊され液状化の原因となると考えられる。

この意味において本研究は、砂の液状化に対する骨格強度の大きさの影響を調べたものである。なお、実験に用いた試料は洪積ないしは第3紀の砂層から採取したものである。

### 2. 実験装置

本試験機は前報<sup>2)</sup>の動的三軸圧縮試験機に改良を加え、地震時の地盤内応力状態を再現できるようにしたもので、その概略を図-1、写真-1に、計器の諸元を表-1、試験の行なえる範囲を表-2に示す。なお、本試験機の特徴は次のようである。

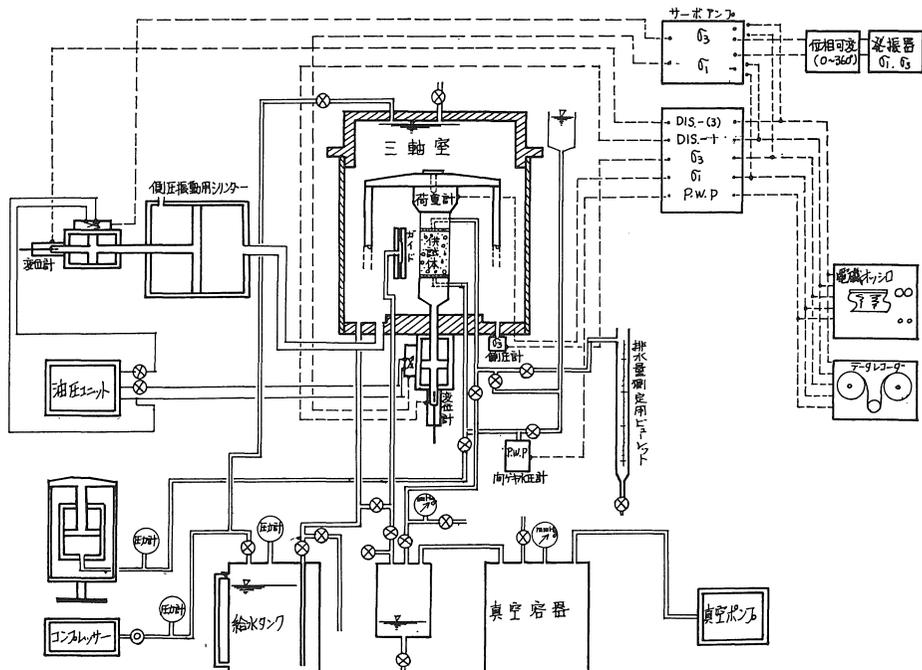


図-1 振動三軸概要図

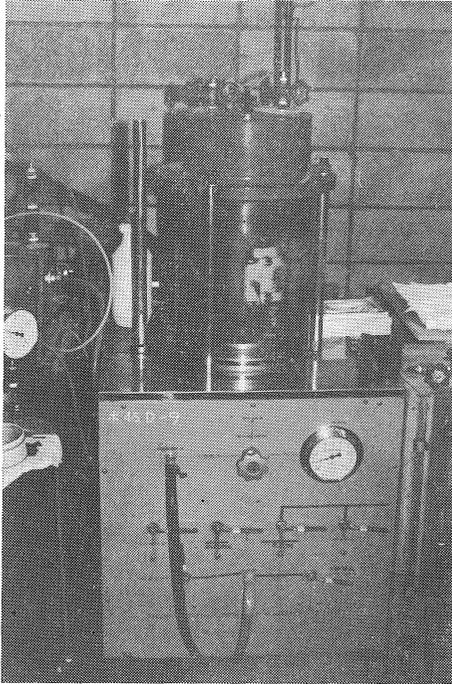


写真 - 1

表 - 1 計器の諸元

項目	測定範囲	型式
1 軸圧用荷重計	0~100Kg (0~5Kg/cm <sup>2</sup> )	差動トランス
2 側圧用水圧計	0~5Kg/cm <sup>2</sup>	差動トランス
3 軸ヒズミ計	0~50mm	差動トランス
4 間ゲキ水圧計	0~10Kg/cm <sup>2</sup>	半導体ゲージ

表 - 2 試験可能条件

項目	範囲, 方式
1 供試体の直径	50mm
2 " 高さ	100~150mm
3 载荷方式	油圧サーボ機構
4 応力波形	正弦波, 三角波, 矩形波, ランダム波
5 位相	0~180°まで任意
6 周波数	0.1~10Hz
7 バックプレッシャー	0~2.0Kg/cm <sup>2</sup>
8 側方応力	(静的) 0~5.0Kg/cm <sup>2</sup> (動的) 0~1.5Kg/cm <sup>2</sup>
9 軸応力	(静的) 0~5.0Kg/cm <sup>2</sup> (動的) 0~2.0Kg/cm <sup>2</sup>
10 記録方法	電磁オシロ, ペンオシロ, データレコーダー

- 供試体と軸応力用荷重計の直径が等しくなっているので、側方応力が軸応力に影響しなく互いに独立させて供試体に応力を载荷できる。
- 軸応力用荷重計は防水型であり、三軸室内に固定できるようにになっているのでロッドの周面マサツは発生しない。
- 静的圧縮試験もできる。

3. 試料

実験に用いた試料は 図-2 の地点から採取した砂質土であり、その物理的性質を表-3, 粒径加積曲線を 図-3 に示す。

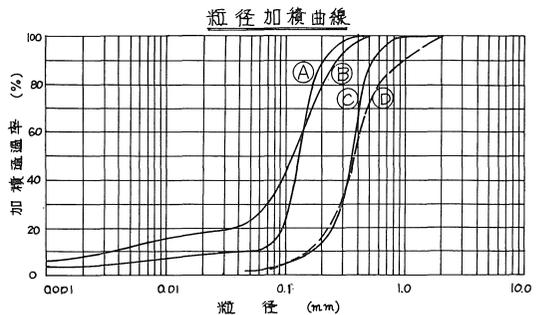
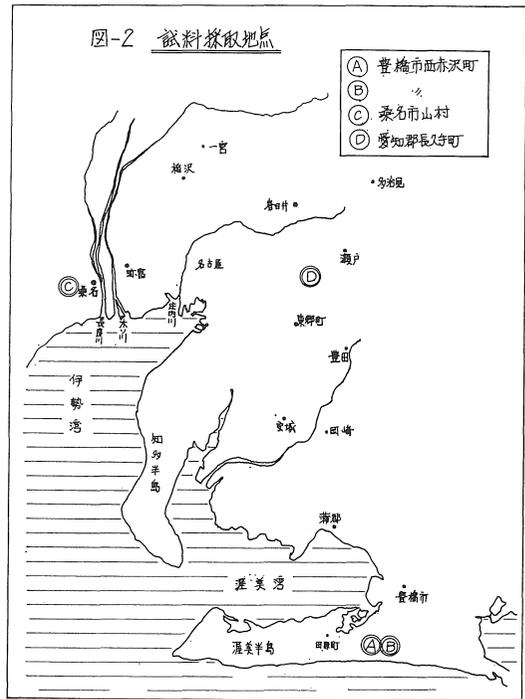


図 - 3

表-3 試料の性質

試料	土の組成			三角座標による分類	比重 G <sub>s</sub>	有効径 D <sub>10</sub>	60%径 D <sub>60</sub>	均等係数 U <sub>c</sub>	圧密先行荷重 P <sub>0</sub>	一軸圧縮強度 qu	変形係数 E <sub>50</sub>
	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)								
Ⓐ	77.0	10.7	12.3	砂質ローム	2.636	0.0035	0.14	40.0	0.80	0.41	44.2
Ⓑ	89.8	4.7	5.5	砂	2.681	0.05	0.14	2.8	1.90	0.31	72.3
Ⓒ	97.0	3.0	0	砂	2.663	0.17	0.39	2.3	1.28	0.27	45.2
Ⓓ	98.0	2.0	0	砂	2.657	0.15	0.42	2.8	1.20	0.80	88.8

4. 実験方法

供試体の作成は攪乱供試体の場合、三軸室に固定した二つ割の供試体作成モールドにゴムスリーブを取り付けて脱気水を入れ、この中へ2~3時間煮沸した試料をスプーンで流し込んだ。不攪乱供試体については約15時間透水を行なって飽和させ、さらに、試験時に1.0Kg/cm<sup>2</sup>のバックプレッシャーを与えた(写真-2,3)。

供試体への載荷は攪乱、不攪乱供試体ともに、まず、初期有効拘束圧σ'<sub>0</sub>で等方圧密を行ない、圧密が終了した時点でくり返し軸応力Δσ<sub>dp1</sub>と、くり返し側方応力Δσ<sub>dp3</sub>を正弦波で与えた。このときの周波数は2Hz、位相差180°である。

図-4に軸ヒズミ、間ゲキ水圧、側方応力、軸応力の記録の一例を示す、

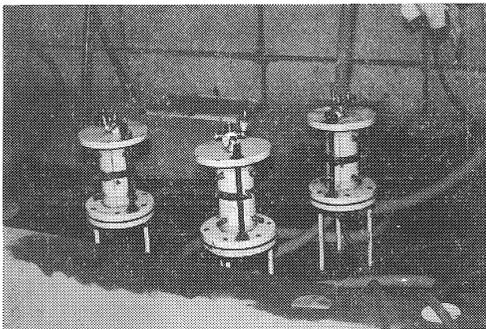


写真-2

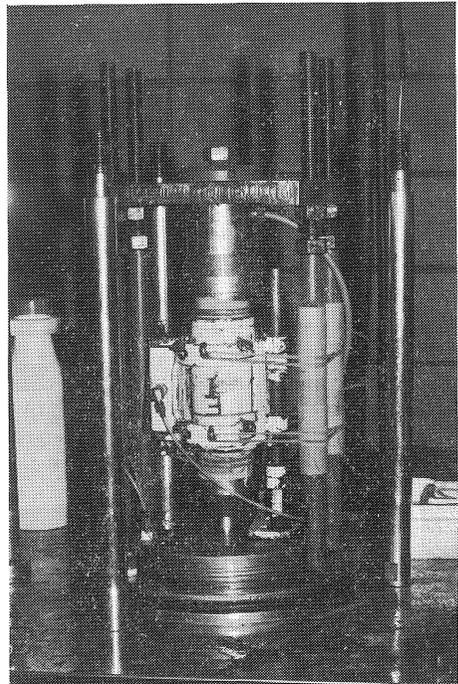


写真-3

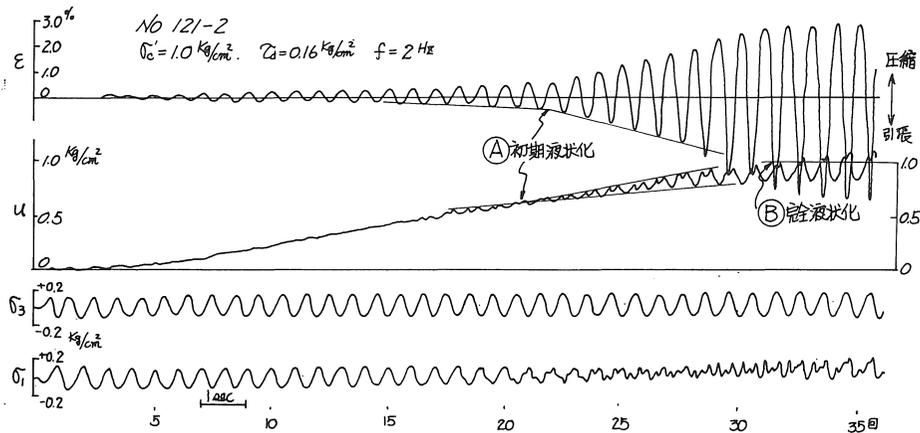


図-4 軸ヒズミ、間ゲキ水圧、側方応力、軸応力の記録例

5. 実験結果

各試料の実験結果を応力比 $\tau_d/\sigma'_c$  ( $\tau_d$ :くり返しせん断応力)と初期液状化までのくり返し回数 $N_i$ で整理すると図-5~10のようになり、応力比と完全液状化の関係は図-11~16のようになる。ここで、初期液状化の回数は間ゲキ水圧の急増、間ゲキ水圧のとび出し現象、または、軸ヒズミが急増する点の回数とし、完全液状化は間ゲキ水圧が初期拘束圧に等しくなった点の回数で整理した(図-4, A③点)。

これらの図から、骨格構造を持つ不攪乱土は骨格構造を持たない攪乱土に比してはるかに液状化しにくい傾向を示している。

さらに、地震の主要動のくり返し回数は、マグニチュード $M=7\sim 8$ で10~30回位と言われているがこの範囲のくり返し回数において初期液状化発生時の応力比 $\tau_d/\sigma'_c$ と圧密先行荷重の関係を図-10から求めると図-17のようになる。この図より圧密先行荷重 $P_0$ が多くなるにつれて液状化発生時の応力レベルも増大し、液状化しにくくなる傾向を示している。また、骨格構造を持たない攪乱土の応力レベルは不攪乱土の約 $1/2$ となっている。

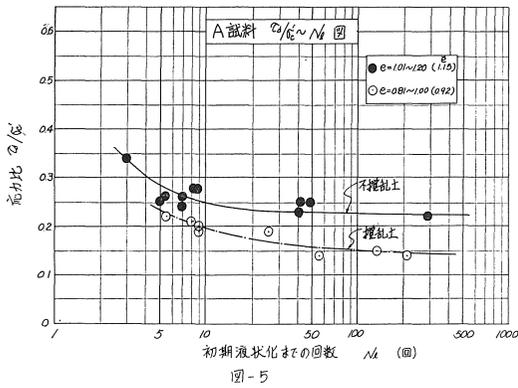


図-5

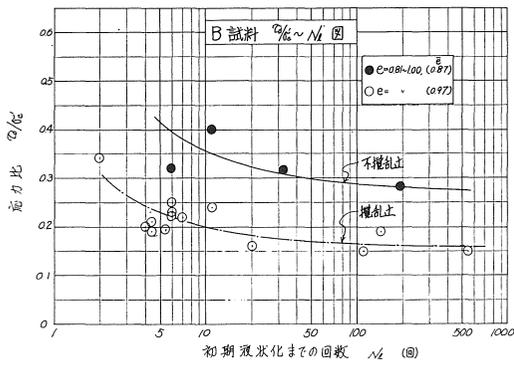


図-6

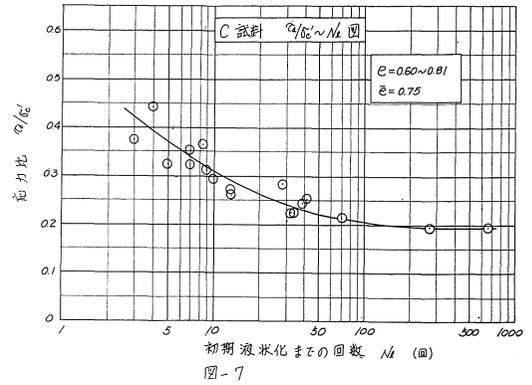


図-7

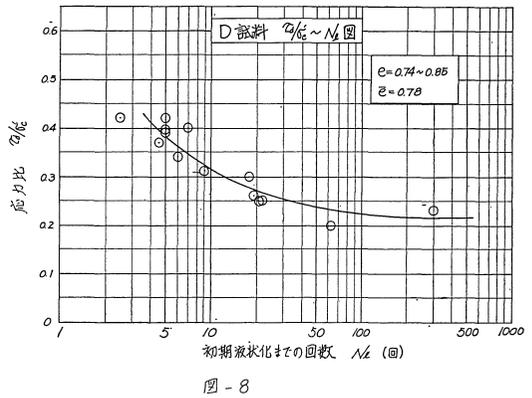


図-8

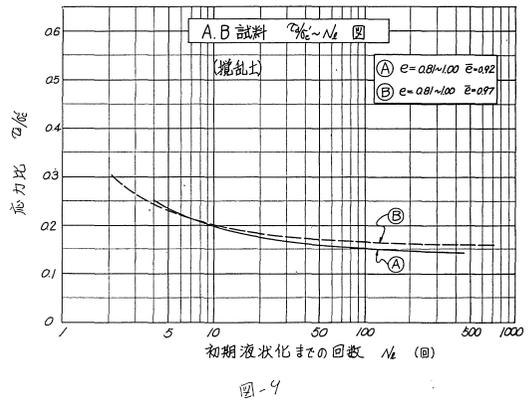


図-9

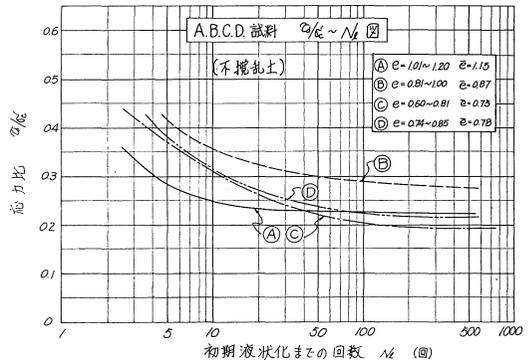


図-10

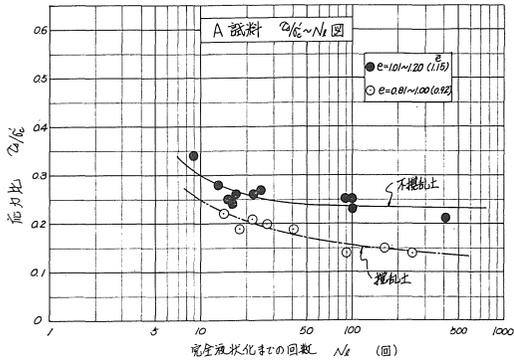


図-11

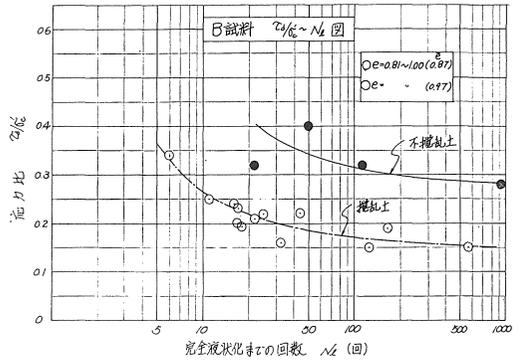


図-12

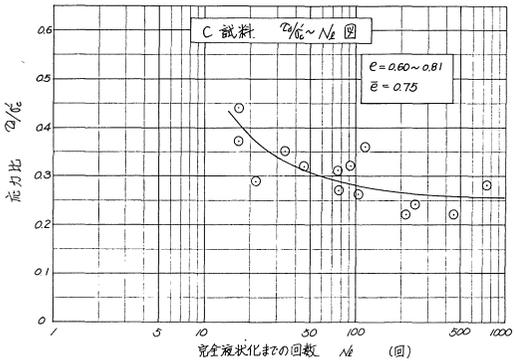


図-13

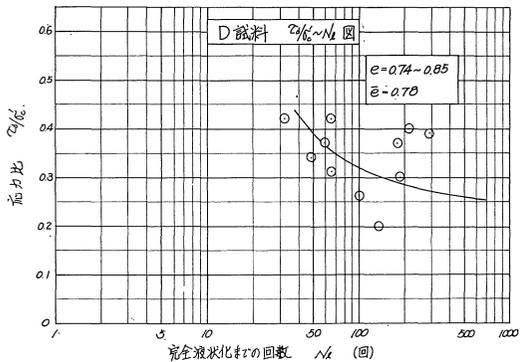


図-14

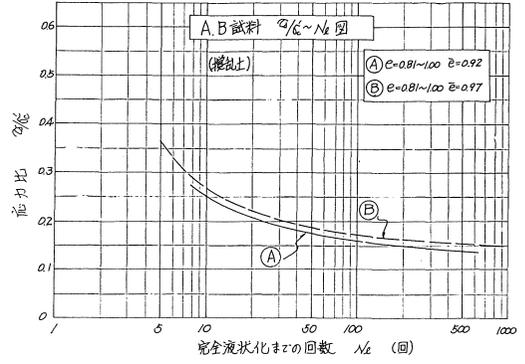


図-15

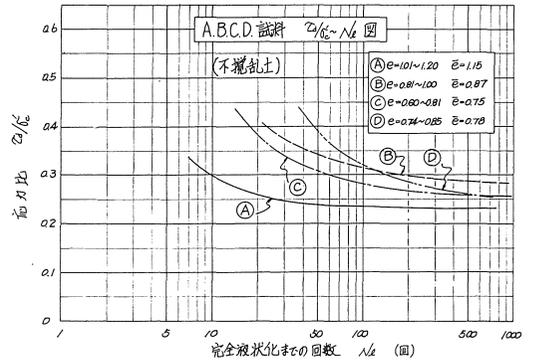


図-16

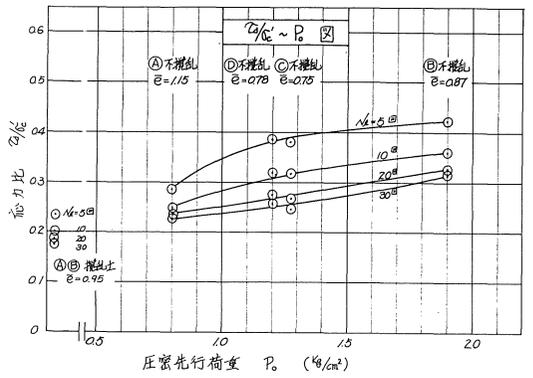


図-17

## 6. むすび

以上、骨格を有する飽和砂の液状化について骨格強度の大きい程液状化しにくいことを述べた。そして、このように骨格の破壊によって液状化が発生するものと想定すると、火山灰のような比較的ルーズに准積した骨格構造を有する粘性土においても同様の現象が起こるのではないかと考えられる。

このため、今後はこの種の土質材料を対象とした実験を行ないたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 山口柏樹, 大根義男 (1973)  
フィルダムの設計および施工 (技報堂)
- 2) 奥村, 西堀, 大根 (1972)  
土の動的セン断試験について—第1報—  
(愛知工業大学研究報告 467)