

建設省土木研究所

正員

佐々木 康

谷口 栄一

○小笠原 久

1. まえがき

地盤の液状化に関する検討は、通常、地盤は非排水の状態にあるという条件のもとに行われる。しかし、液状化対策として用いられる砕石ドレーン工法を施工した地盤や、粒径の比較的大きい礫層の地盤などの場合には必ずしもこの条件は満足さればいい。このような場合には、地盤からの排水を考慮した液状化特性を検討する必要があるので、このため、グリセリン溶液を用いて、見掛けの透水係数を変えた、礫の液状化試験を行なったので以下に報告する。

2. 実験方法

振動台上に据えつけた図-1に示すせん断箱の中に、グリセリン溶液で飽和した礫層を築造し、水平に正弦波で加振した。このせん断箱は、塩化ビニール板(厚さ10mm)からなる枠を50枚重ね合わせ、内部に箱状のゴムスリーブを入れた構造となっており、単純せん断の状態を作ることができる。内寸法は $300\text{mm} \times 400\text{mm} \times 500\text{mm}$ である。

実験に用いた礫は、7号砕石を水洗したもので、 $D_{50}=3.3\text{mm}$ 、 $u_c=1.57$ 、 $\gamma_s=2.633$ である。このような粒径を有する礫は、これまでの大型線区し三軸試験によれば、非排水条件下では、 $\gamma_{fo}'=0.25$ 程度のせん断能力の、20回程度の繰返しにより液状化する。

また、この礫の透水係数は $2 \sim 7 \text{ cm}^2/\text{sec}$ と大きい。一般に透水係数は流体の粘性によって次のように変わるので、水の替りにグリセリン溶液を用いることによって、見掛けの透水係数を制御できる。

$$k_g = \eta_w / \eta_g \cdot k_w \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 k_g : グリセリン溶液の透水係数、 k_w : 水の透水係数、 η_g : グリセリン溶液の粘性、 η_w : 水の粘性

すなわち、グリセリン溶液の粘性は濃度によって異なり、グリセリン溶液の濃度を100%~0%に変えることによって、図-2に示すように、透水係数を3桁程度、容易に変えることができる。

表-1に実験に用いた礫層の密度、グリセリン溶液の濃度、加振加速度を示す。加振周波数は2Hz、加振時間は5秒である。

加振によって発生する間隙水圧を測定するために、礫層内にひずみゲージ式の間隙水圧計を深さ20mmと40mmの位置に埋設した。この間隙水圧計の受圧面は、ポーラスメタルの管に粗い網で保護し、ポーラスメタルの透水性による計測のタイムラグを防ぐようにした。また同一深度に加速度計も埋設し、ヤン書き

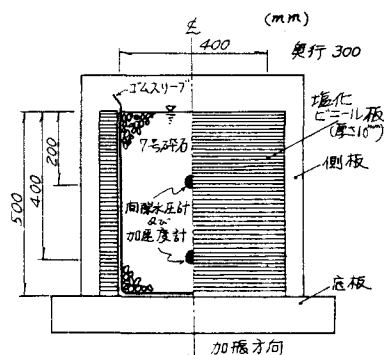


図-1 せん断箱

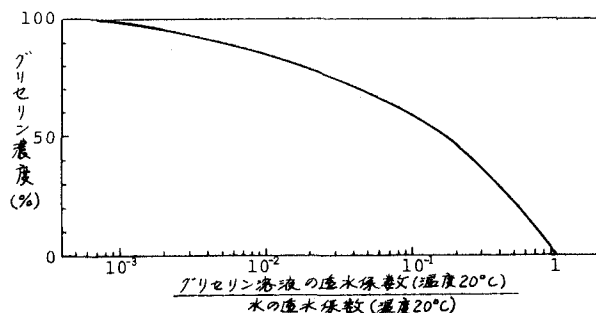


図-2 透水係数とグリセリン濃度の関係

表-1 実験条件

実験 No.	グリセリン 濃度 (%)	加振速度 (gal)	間隙比 e
1	100.0	157	0.85
2	99.0	91	0.79
3	92.5	91	0.80
4	89.5	(90)	0.80
5	78.5	95	0.72
6	72.5	(90)	0.82
7	59.0	95	0.79
8	0.0	157	0.80

オシログラフにこれらの値を記録した。

同一のグリセリン濃度の礫層について過剰間隙水圧の消散を待った後、3〜4回の加振実験を繰返してはいるが、ここでは1回目の加振による結果について報告する。

3. 実験結果

図-3に加振に伴って礫層中に発生する間隙水圧の記録例を示す。この記録はグリセリン濃度100%の場合のものであるが、加振の繰返し回数 $N=4$ 回(2秒)程度で、深さ40mmはらびに20mmの位置での間隙水圧は、初期有効上載圧の70%前後まで上昇した後、ほぼ一定値となり、加振終了後もこの値を維持し、加振終了後5分程度経過した後、これらの値は0となっている。

間隙水圧の消散に伴って礫層は圧縮され、礫層表面は沈下する。礫層内の体積圧縮係数 m_v が一定であるとすると、表面沈下量 S は次式で表わされる。

$$S = m_v \cdot \int_0^H u \cdot dz \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 m_v : 体積圧縮係数、 u : 深さ z の過剰間隙水圧。

いま、 u が深さ方向に静水圧的分布を有すると仮定すると、表面沈下量は次式で表わされる。

$$S = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot m_v \cdot H^2 \quad \dots\dots (3)$$

ここに、 α : 過剰間隙水圧の深さ方向の勾配、 H : 礫層の厚さ。

表-2には、表-1に示した各礫層の実験で得られた沈下量と間隙水圧の実測値から(3)式を用いて逆算した m_v の値を示す。この表に示すように、礫層の体積圧縮係数は0.09〜0.29%の範囲にあった。

図-4に実験で得られた最大過剰間隙水圧比と透水係数の関係を示す。この図には、別報²⁾に示した手法によって求めた過剰間隙水圧の計算値も含めて示した。この計算手法では、過剰間隙水圧の蓄積に及ぼす排水の影響が、一次元圧密の基本式を、せん断応力の繰返し毎に発生する間隙水圧量を初期値として解いて重ね合わせることにによって表わされる、と考えている。

図-4に示すように、礫層の透水係数が大きい場合には、加振による過剰間隙水圧はほとんど上昇しないが、透水係数が 10^{-2} secのオーダーにになると、過剰間隙水圧比は100%近くまで上昇し、礫層表面からの排水がある。発生する過剰間隙水圧に対する透水係数の影響について、ここに示した計算値はいくつかの仮定の基に計算されているが、実測値と比較的よく一致している。

また、ここに示したようにグリセリン溶液の濃度を変えて透水係数を制御する実験方法は、種々の透水係数を持つ地盤の排水条件下の液状化特性について、実験的に究明するための有効な手法となり得ると思われる。

1) 佐々木康也, "河床砂レーヤ層の耐震安定性に関する調査報告", 土木研究所資料第1669号, 1981
2) 佐々木康也, 各口栄一, "地盤液状化対策としての砂石ドレーン工法", 地盤と基礎の地震災害に関するシンポジウム, 1983

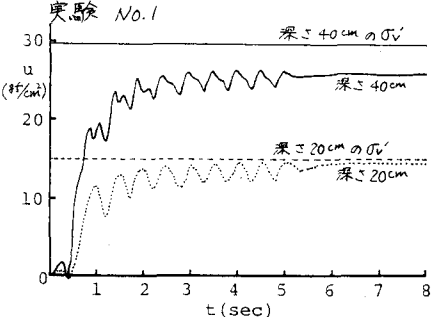


図-3 記録波形(間隙水圧)

表-2 体積圧縮係数

実験 No.	加振 による沈下 (cm)	加振後の 層厚 (cm)	過剰間隙水 圧の平均値 (kg/cm^2)	体積圧縮 係数 m_v (%)
1	0.9	49.1	0.344	0.11
2	1.2	48.8	0.352	0.14
3	1.1	48.9	0.368	0.12
4	1.4	48.6	0.314	0.18
5	1.3	46.9	0.194	0.29
6	0.1	49.9	0.044	0.09
7	0.3	48.2	0.0	-
8	0.1	49.9	0.0	-

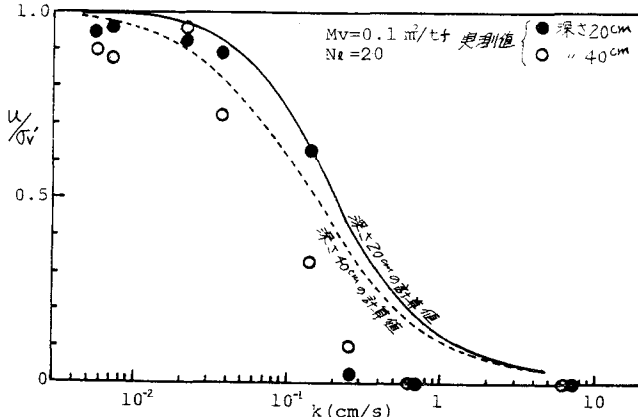


図-4 透水係数と過剰間隙水圧比の関係