

建設省土木研究所 正員 ○谷口 栄一
 “ “ 佐々木 康
 建設省相武国道工事事務所 “ 小笠原 久

1. まえがき

地震時に地盤が液状化すると、掘削道路、ナイルタンク、パイプライン等の比較的軽い地中構造物は浮上る可能性がある。このような地中構造物の浮上りを防ぐために砕石ドレーンを設置する対策が考えられる。液状化対策としての砕石ドレーンについてこれまでに大型振動台実験等を行ってきたが、⁽¹⁾ここでは地中構造物に働く揚圧力の砕石ドレーンによる減少効果に対するドレーンの透水係数の影響について小型振動台実験を行ったので以下に報告する。

2. 実験に用いた模型

図1に実験に用いた模型地盤および掘削道路模型を示す。幅20cm、長さ110cm、高さ50cmのせん断工槽内に浅間山砂を用いて模型地盤を作製した。水あるいは体積濃度30%のグリセリン溶液中に浅間山砂を自由落下させて硬型地盤を作製した。模型地盤の相対密度は40~60%であった。模型地盤中に長さ20cm、奥行19.5cm、高さ25.5cmのアクリル製の掘削道路模型を設置した。掘削道路模型の自重は3.56kgfで、みかけの比重は0.456である。後述のように掘削道路模型の浮上りを許す場合には掘削道路模型におもりを付加して自重を8.13kgf(みかけの比重=1.04)とした。この掘削道路模型の底面には3個の間隙水圧計が取り付けられており、底面に作用する間隙水圧を測定できる。図1の砕石ドレーンの材料として表1に示すような種類の礫、碎石を用いた。

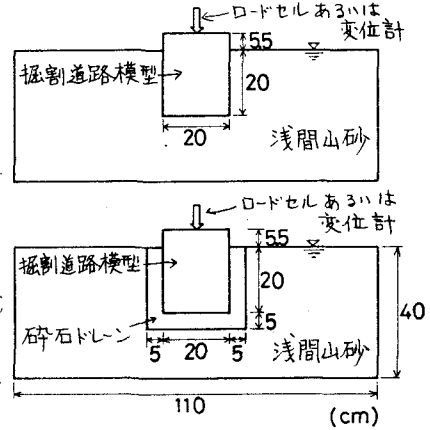


図1 実験に用いた模型

表1 砂・ドレーン材の物理定数

	比重	平均粒径 D ₅₀ (mm)	透水係数 (cm/sec) (20°C)	
			水	濃度30% グリセリン
浅間山砂	2.70	0.24	2.99×10 ⁻²	2.68×10 ⁻⁴
礫 a	2.75	0.62	1.82×10 ⁻¹	3.33×10 ⁻³
礫 b	2.86	1.3	0.94	2.37×10 ⁻²
礫 c	2.64	3.0	3.94	8.49×10 ⁻²
礫 d	2.89	3.2	4.89	1.55×10 ⁻¹
碎石 e	2.71	4.0	4.90	2.20×10 ⁻¹
碎石 f	2.62	8.5	10.85	—

3. 実験方法

4m×4mの振動台上に上記の模型を設置し、水平方向に振動数2Hz、加速度100~120galの正弦波で10秒間加振した。実験は掘削道路模型の浮上りを許す場合と許さない場合の2種類あり、浮上りを許す場合には掘削道路模型の浮上り量を測定し、

浮上りを許さない場合には掘削道路模型に作用する揚圧力をロードセルを用いて測定した。模型地盤および砕石ドレーン中の6点で間隙水圧を測定し、3点で加速度を測定した。また、模型地盤表面および側面の変位も測定した。透水係数の異なる6種類のドレーン材を用いて実験を行い、砕石ドレーンによる掘削道路模型の浮上り防止効果に対する透水係数の影響を調べた。

4. 実験結果

図2に掘削道路模型の底面(P₂)および直下の砂地盤中(P₃)の間隙水圧の時間変化を示す。砕石ドレーンの透水係数が大きくなると両地点の間隙水圧の最大値は小さくなっており、また、最大値に達する時刻も遅くなる。また、ドレーンの透水係数が0.14^{cm}/sのときに掘削道路模型の底面の間隙水圧の最大値は、ドレーンがない場合の約半分になっているが、掘削道路模型直下の砂地盤中の間隙水圧の最大値はドレーンがない場合とほぼ同じである。

図3に地盤の液状化時に掘削道路模型に作用する揚圧力とドレーン材の透水係数の関係を示す。この図にはロードセルにより測定した揚圧力と掘削道路模型の底面の間隙水圧に底面積を乗じて求めた揚圧力の2種類のもの

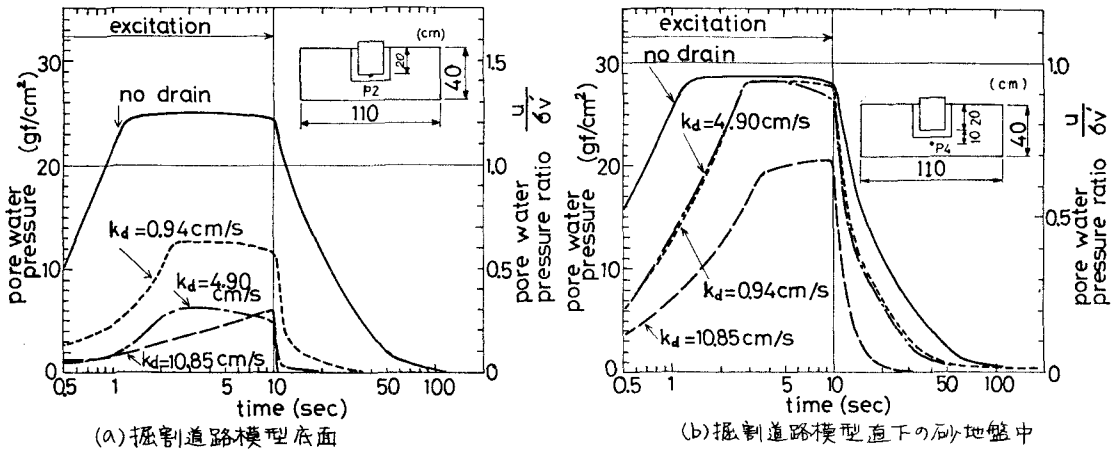


図2 間隙水圧の時間変化 (δv : 砂層中の同じ深さの点の有効土被り圧, k_d : 20°Cにおけるドレーン材の透水係数)

が描かれている。透水係数が 10^{-7} cm/s より小さい範囲では両者の値に大きな差はないが、透水係数が $1 \sim 10^6$ cm/s の範囲ではかなり差がみられる。この差は次式で表わされる浸透水力学的ではないかと考えられる。

$$S = - \int \rho_f g \frac{\partial z}{\partial z} \left(z + \frac{u}{\gamma} \right) dz \cdot A \quad (1)$$

ここに ρ_f : 流体の密度 g : 重力加速度

z : 鉛直座標

A : 掘削道路模型の底面断面積

図3における○印は間隙水圧による揚圧力 u を表わしており、□印は掘削道路模型底面 (P_2) および直下の地盤中 (P_4) の間隙水圧を式(1)に代入して求めた $u + S$ の値を表している。図3によると、式(1)より求めた $u + S$ の値は透水係数が $1 \sim 10^6$ cm/s の範囲において、ロードセルを用いて測定した揚圧力にほぼ等しくなっており、式(1)の考え方は妥当なものであると考えられる。

図4は掘削道路模型の浮上り量とドレーン材の透水係数の関係を示している。透水係数が大きくなる程20回のくり返し荷重による浮上り量は小さくなっており、くり返し回数を増加させた時の最大浮上り量も小さくなる。

(謝辞)

本実験の実施に当って御協力頂いた間組の三原正哉氏に感謝の意を表す。(参考文献)

(1) 佐々木康, 谷口栄 - "地盤液状化対策としての砕石ドレーン工法," 地盤と基礎の地震災害に関するシンポジウム, 1983.5 土質工学会

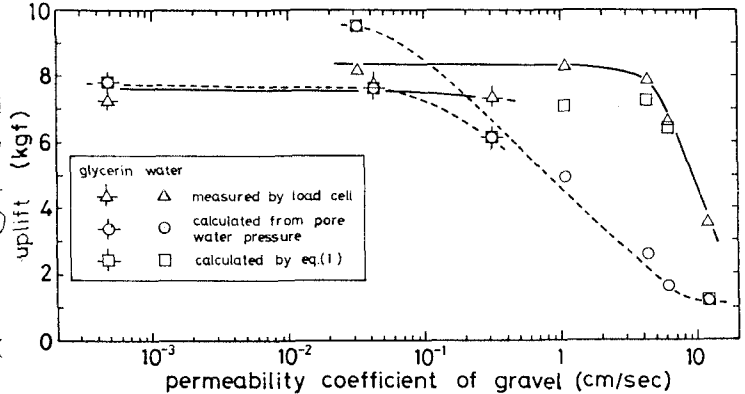


図3 揚圧力とドレーン材の透水係数の関係

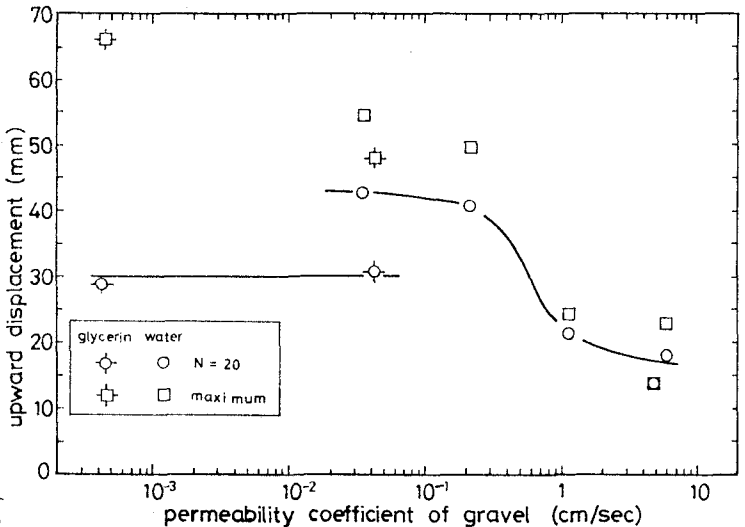


図4 掘削道路模型の浮上り量とドレーン材の透水係数の関係