

飽和砂の振動時透水係数について

京都大学工学部 正員 ○黒田勝彦
京都大学工学部 学生員 高田邦彦

1. まえがき

新潟地震の際に砂地盤の液状化現象によって土木・建築構造物に甚大な被害を受けて以来、砂の液状化現象を究明すべく数多くの研究が行われてきた。それらの中には解析的な解明を試みたものも数編あるが、いづれもダルシー (Darcy) の法則が地震時においても成り立つとの仮定に立脚している。しかし、周知のように、ダルシーの法則は静態時に土中を流れる層流に関する実験法則であり、地震のような振動的外力の作用下においては、その成否は未だ不明である。本研究はこの点に着目し、水平振動を受ける飽和砂について透水試験を行ない、鉛直方向の透水性に関しては、振動時においてもマクロ的にダルシーの法則が成り立つことを確かめたので、こゝに報告するものである。

2. 実験の概要

内径 100 mm, 長さ 200 mm のアクリル樹脂性の透水管を製作し、水平単弦振動を与えることのできる振動台上にこれを固定して図-1 に示すような方法で実験を行なった。なお透水管の側壁には供試体の沈下量を測定するための目盛を刻んだ。また供試体中における損失水頭を測るため、同時にマノメーターおよび間ゲキ水圧計を取り付けた。試料は完全に飽和した相馬砂を用いた。 ($D_{10} = 0.53$, $D_{60} = 0.92$, 均等係数 1.74, 密度 2.62) 実験は表-1 に示すように 3 シリーズに分け、供試体 A, B は予備実験、実験 I は表-1 に示すような振動振幅、水頭差で行ない、いづれも振動数を 40 r.p.m. から 340~360 r.p.m. まで 20 r.p.m. ごとに増加させ、振動中およびその前後に供試体の沈下量、マノメーターの読み、流量 (10 秒間隔で 10 秒間流量を 5~10 回) を測定した。実験 II は間ゲキ比が振動中に変化しないようにし、100 gal, 200 gal, 300 gal および 400 gal の各加速度において水頭を変化させて実験 I と同様の測定を行なった。実験 I、II において間ゲキ動水圧は各供試体につき全て測定した。突き固め 00 回および 0 回の供試体は試料を透水管に水を流しながら、フィックサンド現象を起こさせて詰めたものである。その他の供試体はそれぞれ水 4 層に分け、各層サンプラスの数だけ突き固め棒で突き固めて作製したものである。

図-1. 実験装置の概略

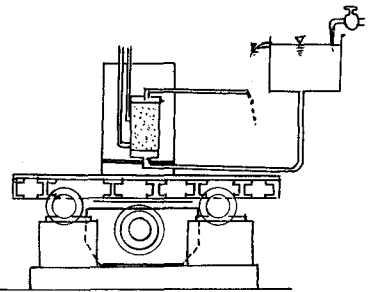


表-1. 実験および供試体番号

	供試体番号						供試体長	加振振幅	見附水頭	加振時間
予備実験	A	A ₁₀	A ₂₀	A ₃₀	A ₄₀	A ₅₀	200	± 1.5 mm	100 mm	150 秒
	B	B ₁₀	B ₂₀	B ₃₀	B ₄₀	B ₅₀	200	± 5.0 mm	200 mm	
実験 I	C	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C ₄₀	C ₅₀	200	± 1.5 mm	50 mm	150 秒
	D	D ₁₀	D ₂₀	D ₃₀	D ₄₀	D ₅₀	200	± 5.0 mm	50 mm	
	E	E ₁₀	E ₂₀	E ₃₀	E ₄₀	E ₅₀	150	± 1.5 mm	80 mm	150 秒
	F	F ₁₀	F ₂₀	F ₃₀	F ₄₀	F ₅₀	150	± 5.0 mm	80 mm	
	G	G ₁₀	G ₂₀	G ₃₀	G ₄₀	G ₅₀	150	± 1.5 mm	130 mm	150 秒
	H	H ₁₀	H ₂₀	H ₃₀	H ₄₀	H ₅₀	150	± 5.0 mm	130 mm	
	I	I ₁₀	I ₂₀	I ₃₀	I ₄₀	I ₅₀	150	± 1.5 mm	180 mm	150 秒
	J	J ₁₀	J ₂₀	J ₃₀	J ₄₀	J ₅₀	150	± 1.5 mm	20 mm	
実験 II	K	動水圧測定							200 mm	

3. 実験の結果・考察

図-2 および図-3 は実験Ⅰの結果の例である。これは実験から得られた測定値に対して温度補正を行ない、一応ダルシーの法則が成り立つと考えた場合の間ゲキ比と透水係数との関係を求めたものであるが、静態時の実験結果と同じ傾向にあることがわかる。

図-4 および図-5 は実験Ⅱの結果の例である。これらの図より明らかに、水平振動を受ける飽和砂の鉛直方向の流水に関してはダルシーの法則が成り立つことがわかる。これはバーカン (Barkan)¹⁾ の示しているような結果とは異なっているが、バーカンの実験の詳細は不明であるので本実験の結果とは比較できない。また陶浪²⁾の計算結果によると、砂層が液状化しているときの透水係数は静態時の10~20%程度に低下している。しかし本実験では液状化が発生しても瞬時的なものであり、流量を測定する方法では平均的な値しか計測できず、したがって液状化しているときの瞬間流速がとらえられていないので陶浪の計算結果とは比較できない。

4. 結 論

本実験により、水平振動を受ける飽和砂の透水性に関して以下の点が明らかにされた。

(1) 水平振動を受ける飽和砂の鉛直方向の透水性に関しては、振動時でもダルシーの法則が成り立つ。(2) 上記の透水性に関して、透水係数は振動時においても e^3/ite に比例する。(3) 振動時に透水係数が減少すると考えられるのは、主に間ゲキ比の減少した結果である。

終りに臨み本研究に際して終始適切な御助言を頂いた京都大学工学部 松尾稔助教授に深謝の意を表します。

1) D.D. Barkan, "Dynamics of Bases and Foundations". pp. 74, 1962.

2) 陶浪貞彦, "不安定飽和砂の振動性状", 日本建築学会論文報告集 才114号, pp. 1~pp. 10, 昭和40年8月。

